

Temperaturwahl und Wahltemperatur einheimischer Mäuse

Mit 7 Abbildungen im Text

INAUGURAL-DISSERTATION zur Erlangung der Doktorwürde

der Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Manfred Maurus
aus München

Januar 1958

Berichterstatter: 1. Herr Prof. Dr. H. KAHMANN
2. Herr Prof. Dr. Dr. K. v. FRISCH

Tag der mündlichen Prüfung: 26. Februar 1958

Abdruck aus den
Zoologischen Jahrbüchern. Bd. 68. Abt. f. Physiologie. 1958.
Begründet von J. W. SPENGEL
Herausgegeben von M. HARTMANN in Tübingen, E. STRESEMANN in Berlin
und H. WEBER in Tübingen
VEB GUSTAV FISCHER VERLAG JENA

Satz und Druck: Druckerei „Magnus Poser“, Jena
Printed in Germany
Lizenznummer ZLN 5097

*Nachdruck verboten
Übersetzungsrecht vorbehalten*

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität München)

Temperaturwahl und Wahltemperatur einheimischer Mäuse¹⁾

Von

Manfred Maurus

Mit 7 Abbildungen im Text

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung	335
B. Methode	336
C. Ergebnisse	344
1. Erwachsene, frischgefangene und normalgehaltene Tiere	344
a) Wühlmäuse	344
b) Langschwanzmäuse	350
2. Junge und halberwachsene, frischgefangene und normalgehaltene Tiere	352
3. Grenzen der Wahltemperatur	354
4. Wahltemperatur und Nesttemperatur	355
D. Diskussion	357
E. Zusammenfassung	366
F. Literaturverzeichnis	367

A. Einleitung

Alle bis 1952 durchgeführten Untersuchungen über „Vorzugstemperatur“ von Säugetieren hat HERTER (1952) in seinem Werk über den Temperatursinn der Säugetiere zusammengefaßt. Sowohl in seinen eigenen als auch in den Versuchen anderer Autoren fand die von ihm entwickelte „Temperaturorgel“ Verwendung. Bei dieser Apparatur wird aber nur die Temperatur der Unterlage berücksichtigt, während die Temperaturverhältnisse in der darüberliegenden Luft nicht erfaßt werden können und meist auch nicht berücksichtigt wurden.

¹⁾ Herr Professor Dr. H. KAHMANN, München, hat diese Arbeit angeregt



In ihrer natürlichen Umgebung sind die Tiere aber nur sehr selten bei irgendeiner Lufttemperatur auf einer bedeutend wärmeren oder kälteren Unterlage. Vor allem in den Gängen und Nestern wird die Temperatureinwirkung auf die Tiere von allen Seiten her annähernd dieselbe sein. Deshalb erscheint es auch zweckmässig, für entsprechende Versuche einen Apparat zu verwenden, der die Tiere von allen Seiten mit gleicher Temperatur umgibt. Dies geschieht am besten in einem homogenen Metallrohr mit passender Weite.

Als erste bauten STINSON und FISCHER (1953)¹⁾ ein derartiges Gerät zur Beobachtung nordamerikanischer Hirschmäuse der Gattung *Peromyscus*. In der vorliegenden Arbeit diente eine ähnliche, in ihren Ausmaßen der Größe der Versuchstiere entsprechende Apparatur zur Untersuchung an einheimischen Wühlmäusen und Langschwanzmäusen.

Von den folgenden Arten konnten Tiere gefangen und untersucht werden:

1. Wühlmäuse: Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*), Erdmaus (*Microtus agrestis*), Feldmaus (*Microtus arvalis*), Schneemaus (*Microtus nivalis*) und Kurzhohrmaus (*Pitymys subterraneus*).

2. Langschwanzmäuse: Waldmaus (*Apodemus sylvaticus*), Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*) und Hausmaus (*Mus musculus domesticus*).

B. Methode

Ein Kupferrohr mit einer Länge von 118 cm, einem inneren Durchmesser von 50 mm und einer Wandstärke von 2 mm ist in drei Bereiche eingeteilt. An einem Ende dient ein Abschnitt von 10 cm zur Erwärmung, am anderen 6 cm zur Kühlung und dazwischen 102 cm als eigentlicher Meßraum.

Das der Erwärmung dienende Ende ist mit einer dünnen Schicht Asbest umgeben. Über diese ist ein Heizdraht mit einer Leistung von 30 Watt (bei 220 Volt) gewickelt. Eine weitere Schicht Asbest und Isolierband schirmt berührungssicher ab. Diese Heizung ist mit einem von 0 bis 7500 Ohm regulierbaren Widerstand in Serie geschaltet. So kann die Temperatur am warmen Ende zwischen etwa 30° C und 110° C stufenlos variiert werden.

Die Kühlung geschieht auf folgende Weise: Um das andere Rohrende ist ein 4 mm dickes Kupferröhrchen gebogen und festgelötet. Durch dieses kann entweder Leitungswasser oder Eiswasser oder Kältemischung (d. h. das Salzwasser aus der Mischung von Eis und Kochsalz) geleitet werden. Mit Leitungswasser werden Temperaturen von + 7° C bis + 11° C erreicht. Eiswasser und Kältemischung werden mit einer kleinen elektrischen Kreispumpe durch das Röhrchen gedrückt und können das Rohrende bis zu - 10° C abkühlen.

Im mittleren Teil des Rohres kann, durch die beschriebene Vorrichtung, ein stetiges Temperaturgefälle von beliebiger Steilheit hergestellt werden. Dieser Teil,

¹⁾ Die genannte Arbeit konnte erst nach Abschluß der Versuche der vorliegenden Arbeit eingesehen werden.

der eigentliche Meßraum, ist zur Temperaturabnahme mit 41 Thermoelementen versehen. Sie sind im Abstand von 2,5 cm zueinander angebracht und bestehen in einem Metall aus dem Kupferrohr selbst, im zweiten aus Konstantandraht, der in Rillen versenkt, außen am Rohr angelötet ist. Die Drahtstücke sind alle aus einem einzigen langen Draht geschnitten, um sicherzugehen, daß alle aus homogenem Material sind. Auch die Länge dieser Stücke ist ganz gleich, damit jedes Element gleichen elektrischen Widerstand hat.

Ein Vergleichselement steckt mit einem Quecksilberthermometer zusammen in einer Thermosflasche in Eiswasser, mit einer konstanten Temperatur von 0° C. Es besteht aus demselben Konstantandraht wie die anderen Elemente und aus vom Kupferrohr herstammendem Kupferdraht. Dieser wurde auf der Drehbank vom Rohr abgezogen.

Das Rohr ist innen mit einem schlag- und kratzfesten Lack (Herbol Schlagfest Nr. 378) braun gestrichen. Es steckt in ganzer Länge in einer 2 cm dicken Wärmeisolierschicht aus Filz und Papier. Im ganzen Bereich des Meßraumes ist ein etwa 8 mm breiter Längsschlitz im Rohr zur Einsichtnahme ins Innere vorhanden. Ein Glasstreifen füllt diesen Schlitz so aus, daß ein geringer Luftaustausch zwischen Rohrinnenraum und Umgebung möglich bleibt. Entlang dieses Fensters ist die Wärmeisolierung ausgespart. Es kann jedoch außerhalb der Isolierung mit lichtundurchlässigem Papier abgedunkelt werden.

Die Eisendrähte, die das Isoliermaterial festhalten, sind so angebracht, daß sie den Abstand zwischen je zwei Thermoelementen halbieren. Dadurch entsteht zu jedem Element ein Rohrabschnitt von 2,5 cm Länge, in dessen Mitte das Element liegt. Auf einer der beiden Holzleisten, die das Verdunkelungspapier festhalten, ist die Numerierung dieser Abschnitte aufgetragen. Sie beginnt am kalten Ende mit Nr. 1 und endet mit Nr. 41 am warmen Ende des Rohres.

Zwei gebogene Eisenbänder umfassen das Rohr an jedem Ende über der Isolierung und halten es über einem waagrechten Brett im Abstand von etwa 11 cm fest. Neben dem warmen Ende ist auch der Regulierwiderstand auf dem Brett montiert. Ein Blechschild daneben, der an der abgewandten Seite 1 cm dick mit Filz beklebt ist, schützt die anderen Teile der Apparatur gegen Wärmestrahlung.

Der geringe Abstand zwischen den Thermoelementen erlaubt die Messung der Temperatur an jeder beliebigen Stelle im Meßraum durch das entsprechende Element.

Man könnte also durch das Fenster beobachten, an welchem Ort das Versuchstier sitzt, und durch Anschließen des dazugehörigen Elementes an das Galvanometer die Temperatur ablesen. Aber zur Vermeidung subjektiver Ablesefehler und der Störung, die das Tier durch das Licht und den Beobachter erfährt, wurde die Apparatur mit einer automatischen Registriervorrichtung ausgestattet. Zu dieser Einrichtung ist es notwendig, daß die Maus die Umschaltung der Elemente an das Galvanometer besorgt. Das ermöglicht eine Leiste mit 41 Kontakten, die das Tier durch sein Gewicht schließt: Zwei besonders geformte Metallschienen sind durch Querverbindungen so miteinander verlötet, daß ihre äußeren Ränder, 38 mm voneinander

entfernt, parallel verlaufen. In der Mitte zwischen ihnen ist eine schmale Leiste aus Elektroisoliermaterial befestigt. Auf dieser sitzen 41 Wolframkontaktstifte im Abstand von 2,5 cm zueinander. Der erste und der letzte sind je 1,25 cm vom Ende entfernt. 82 Stück aus dünnem Stahldraht halten 41 Blechplättchen, 2,4 cm mal 3,8 cm groß, mit je einem Wolframkontaktstift in der Mitte der Unterseite an den Schienen so fest, daß der Stift eines jeden Plättchen auf je einen Stift der Isolierstoffleiste zu liegen kommt. Der Stahldraht verhindert ein seitliches Verrutschen der Plättchen innerhalb der Führung, die ihnen durch die Metallschienen gegeben ist, und hält sie mit solcher Kraft in die Höhe, daß die beiden Kontaktstifte etwa 0,1 bis 0,2 mm voneinander entfernt bleiben, und durch Belastung des Blechplättchens an irgendeiner Stelle mit 3 g oder mehr die Stifte gegeneinander gedrückt werden.

Die ganze Kontaktschiene ist 1,3 cm hoch, an der Oberseite eben, unterseits der Krümmung des Rohres angepaßt, und zum Schutz gegen Feuchtigkeit und Schmutz mit einer 0,3 mm dicken „Paraplatte“ überzogen. Sie liegt im Rohr auf dem Boden und wird in richtiger Lage an den Enden des Rohres mit Holzklötzen und Korken festgehalten. Damit ist auch das Rohr verschlossen. In jedem der beiden Korken steckt ein Quecksilberthermometer zur laufenden Kontrolle der Temperatur an den Rohrenden. Die 42 isolierten Kupferdrähte, die zu den 41 Kontakten der Schiene führen, sind zu einem Kabel zusammengebunden und so lang, daß die Leiste zur Reinigung aus dem Rohr herausgenommen werden kann.

Vor dem Rohr befindet sich eine Reihe von 41 auf ein Metallband geschraubten Relais am Brett befestigt. Diese tragen dieselbe Numerierung wie die Thermoelemente und die Kontakte der Leiste im Rohr. Sie sind Arbeitskontaktrelais — d. h., sie schließen einen Stromkreis, wenn der Anker vom Elektromagneten angezogen wird, und halten ihn geschlossen, solange der Magnet unter Strom steht.

Abbildung 1 zeigt das Schaltschema für die Anschlüsse von Thermoelementen, Kontakten, Relais und Galvanometer. Auf diese Weise gibt das Galvanometer laufend die Temperatur an, die an der Stelle herrscht, an der sich das Versuchstier jeweils befindet.

Es ist zu bemerken, daß die Konstantandrähte direkt an die Kontaktstifte (Silbernieten) der Relais angenietet sind, und nicht, wie allgemein üblich, an den Enden der Kontaktfedern. Das ist notwendig, da einerseits die verschiedenen Metalle der Kontaktfedern bedeutende Meßfehler verursachen können, und es andererseits nicht möglich ist, wegen der Bildung von Patina, die Konstantandrähte selbst als Kontaktmaterial zu verwenden. Auch diese Anordnung schließt ein von Konstantan verschiedenes Metall in den Stromkreis ein. Die Lötstellen am Anfang und am Ende des dazwischengeschalteten Materials liegen aber so nahe zusammen (etwa 1,5 mm), daß eine Temperaturdifferenz zwischen ihnen normalerweise nicht auftritt, und damit auch kein Meßfehler.

Die Konstantandrähte am zweiten Kontaktstift eines jeden Relais sind alle gleich lang und an ihrem zweiten Ende zu einem Pol zusammengelötet (siehe Abb. 1).

Von dort führt ein Draht zum Kabel, das die Verbindung zum Galvanometer herstellt. Dieses Kabel besteht aus demselben Konstantan wie die Thermoelemente, während die übrigen, eben beschriebenen Stücke aus Konstantanmaterial anderer Herkunft sind, da sie aus technischen Gründen dünner sein müssen. Eine Überprüfung der beiden Materialien ergab bei einer Erwärmung auf über 200°C eine thermoelektrische Abweichung von $0,5^{\circ}\text{C}$ in bezug auf das Element Kupfer-Konstantan. Bei einer Temperaturdifferenz von 1°C zwischen den Enden der andersartigen Leitung beträgt der auftretende Fehler $0,0025^{\circ}\text{C}$. Da sie in der Regel kleiner als 1°C ist, kann dieser Fehler ohne Bedenken vernachlässigt werden.

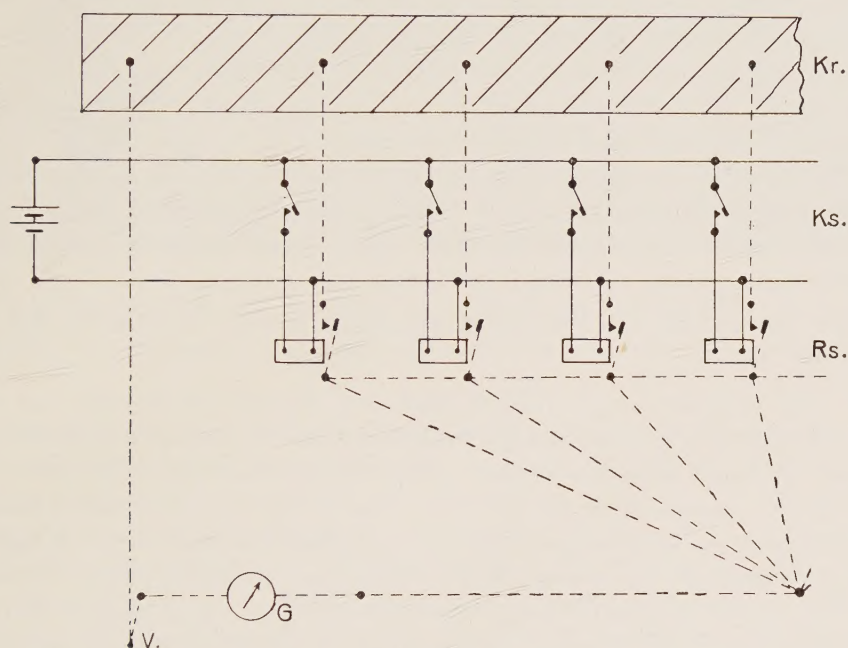


Abb. 1. Schaltbild der Versuchsanordnung. Kr = Kupferrohr, Ks = Kontaktschiene, Rs = Relaisbahn, V = Vergleichselement, G = Galvanometer, ---- = Konstantandraht, - · - · - = Kupferdraht aus dem gleichen Material wie Kupferrohr.

Die meisten Mäuse drückten infolge ihrer Größe zwei oder mehr nebeneinanderliegende Kontakte nieder und schalteten damit entsprechend viele Thermoelemente parallel an das Galvanometer. Durch Parallelschaltung der dazugehörigen Leitungsdrähte wird der Gesamtwiderstand kleiner und das Galvanometer zeigt nicht das arithmetische Mittel, sondern einen etwas höheren Wert an. Das Einlöten der kurzen Verbindungsstücke aus Konstantandraht, von einem Relais zum nächsten (siehe Abb. 1), verringert diesen Fehler soweit wie möglich. Trotzdem bleibt eine Abweichung von $0,05^{\circ}\text{C}$ bis $0,08^{\circ}\text{C}$ bestehen, die nicht mehr ausgeschaltet werden kann. Dieser Fehler wurde bei der Auswertung nicht berücksichtigt, da er so gering ist, daß er die Ergebnisse nicht beeinflußt.

In einem lichtdichten Kästchen aus Blech läuft Filmpapier (EKG-Papier), über verschiedene Rollen geleitet, an einem etwa 0,1 mm breiten und 60 mm langen Spalt vorbei, der genau senkrecht zur Fortbewegungsrichtung des Filmes in eine Wand geschnitten ist. Die Geschwindigkeit des Filmes beträgt 83 mm pro Stunde und wird von einem Uhrwerk reguliert. Das Aufnahmegerät ist am Galvanometer anstelle der Mattscheibe (das Galvanometer ist ein Lichtstrichgalvanometer der Firma Hartmann & Braun) so angeschraubt, daß der Spalt parallel zur Bewegungsrichtung und senkrecht zur Längsachse des Lichtstriches an der Stelle, an der sich der Lichtstrich bewegt, liegt. Der Lichtstrich hat eine Breite von 0,1 mm und belichtet unbewegt den stillstehenden Film auf einer Fläche von $0,1 \times 0,1$ mm. Bei Bewegung des Filmes und bei Ruhe oder Bewegung des Lichtstriches entsteht also auf dem Filmpapier ein Diagramm. Es erscheint nach dem Entwickeln als dünner schwarzer Strich auf dem weißen Papier. Er zeigt an, wie lange sich das Versuchstier an der jeweiligen Stelle aufhielt und wie hoch die Temperatur dort war.

Mit Hilfe einer Plexiglasscheibe, auf deren Unterseite eine Skala eingeritzt ist, können diese Werte abgelesen werden. Eine Vorrichtung, mit der der Film in stets richtiger Lage unter der festgeschraubten Skala hindurchgezogen werden kann, erleichtert eine sichere, fehlerfreie Auswertung.

Die Eichung für die Herstellung der Skala wurde auf zweierlei Art vorgenommen:

1. Das Vergleichselement blieb in Eiswasser. Ein zweites Element, aus demselben Material und mit dem gleichen Widerstand wie die Elemente am Rohr, wird an eines der Relais angelötet, welches unter Strom gesetzt wird, so daß dieses Element auf das Galvanometer geschaltet ist. Das Thermoelement kommt zusammen mit einem auf $1/10^\circ \text{C}$ geeichten Thermometer in ein Gefäß mit etwa 60°C warmem Wasser. Während die Temperatur des Wassers langsam absinkt, wird bei stillstehendem Film die Beleuchtung des Galvanometers immer dann auf einige Sekunden eingeschaltet, wenn das Thermometer genau ein volles Grad C anzeigt. Dadurch entsteht auf dem Film im Abstand von je einem Grad C ein Punkt.

2. Das Rohr wird mit Eiswasser gefüllt, und das Vergleichselement kommt mit dem Thermometer zusammen in das warme Wasser. Dann wiederholt sich der obenbeschriebene Vorgang mit umgepoltem Galvanometer.

Die Ergebnisse dieser beiden Methoden differieren um etwa $0,3^\circ \text{C}$. Für die Herstellung der Ableseskala wurde der Mittelwert aus beiden Messungen verwendet.

Einige weitere Geräte gehören noch zur beschriebenen Apparatur, wie Stromquellen, Zueinrichtung zur Beförderung des Filmes sowie Vorrichtung zum Entwickeln. Sie sind zwar technisch notwendige Zubehöriteile, sollen aber nicht näher beschrieben werden, da sie weder den Ablauf der Versuche noch die Meßgenauigkeit beeinflussen. Sie sind auch in Abbildung 2 nicht gezeigt, um die Übersicht nicht zu erschweren.

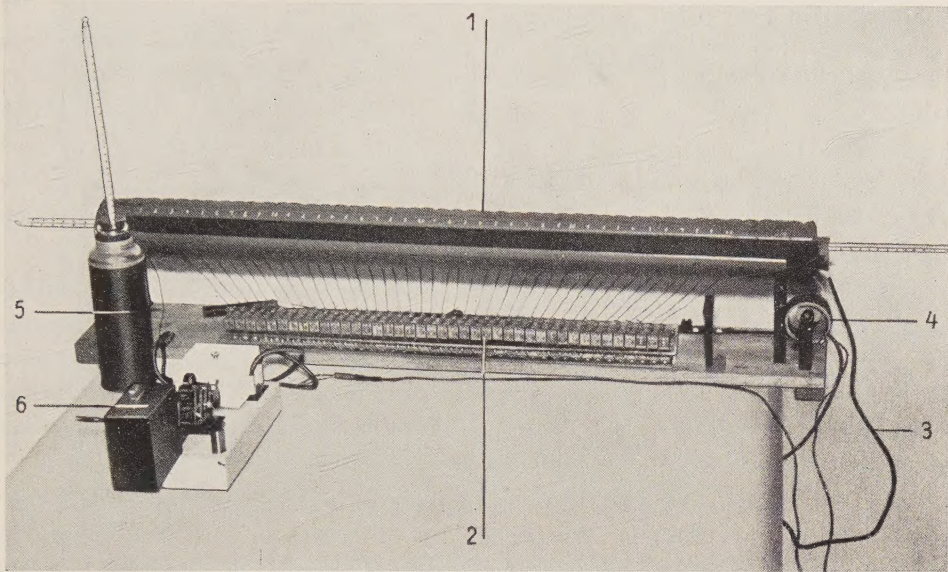


Abb. 2. Gesamtansicht der verwendeten Apparatur. 1. Kupferrohr mit Wärmeisolierung und abgedunkeltem Sechsschlitz und Thermometern an den Enden. 2. Relaischiene mit darunter liegendem Spiegelstreifen. 3. Kabel zur Kontaktschiene (im Rohr). 4. Regelwiderstand. 5. Thermosflasche mit Thermometer und Vergleichselement. 6. Galvanometer mit Registrierkamera.

Eine Einbeziehung der relativen Luftfeuchtigkeit in die Untersuchungen wäre von Interesse. Leider war sie, wegen des beschränkten Raumes im Rohr, technisch nicht durchführbar.

Bei der angewandten Meßmethode erübrigt es sich, darauf zu achten, daß das Temperaturgefälle linear ist; es genügt vielmehr, wenn sich das Gefälle über das ganze Rohr ausgebreitet hat. Dann kann der Versuch beginnen.

Mit eingeschalteter Galvanometerbeleuchtung läuft der Film einige Minuten bei Nullstellung des Lichtstriches. Das markiert auf dem Film die Lage der Nullstellung, die zugleich die Marke für 0°C darstellt, da das Vergleichselement in Eiswasser steckt. Ein Tier wird am kalten Ende in das Rohr gelassen und das Rohr hinter ihm geschlossen. Zu gleicher Zeit wird die Arretierung des Galvanometers gelöst, und das Gerät beginnt mit der Registrierung der Werte. In der ganzen Beobachtungszeit bleibt das Rohr völlig verdunkelt. Mit Hilfe eines Spiegelstreifens, der unter den Relais angebracht ist, kann jederzeit festgestellt werden, an welcher Stelle sich das Tier befindet. Am warmen Ende wird die Temperatur laufend von etwa 40°C bis etwa 70°C bis 80°C , in manchen Versuchen bis zu 110°C , variiert. Am kalten Ende bleibt sie meistens zwischen $+7^{\circ}\text{C}$ und $+11^{\circ}\text{C}$. Nur bei Frostwetter, wenn Eis in genügender Menge vorhanden war, wurde bis zu -10°C abgekühlt. Außer durch diese Temperaturänderungen erfährt das Tier von seiten des Beobachters keine weitere Störung. Es bleibt in der Regel 2 bis 3 Stunden, in besonderen Fällen bis zu

12 Stunden, lang im Rohr. Nach dieser Zeit wird das Galvanometer arretiert, das Tier aus dem Rohr getrieben und das Rohr gereinigt. Die Reinigung erfolgt durch Hindurchschieben eines nassen und dann eines trockenen, enganliegenden Tuches in Richtung vom warmen zum kalten Ende. Dann bleibt die Galvanometerbeleuchtung für einige Minuten ausgeschaltet, um auf dem Film das Ende des Versuches zu markieren. Wenn möglich, wurden die Messungen täglich von morgens bis abends fortgesetzt. Die entsprechenden Daten wurden während der Versuche notiert und dann auf den entwickelten Film übertragen.

Die Tiere stammen alle aus dem Gebiet südlich des Tegernsees: Feldmaus, Waldmaus, Gelbhalsmaus und Hausmaus aus dem Tal südlich des Sees aus 730 m bis 760 m Meereshöhe; Schneemaus und Kurzzohrmaus von Wallberg, Setzberg und Risserkogel aus einer Höhe von 1600 m bis 1700 m; Rötelmaus und Erdmaus aus beiden Gebieten. Überall wurden die Mäuse lebend in Fallen gefangen, an denen am hinteren Ende eine Blechbüchse mit Nistmaterial und Futter befestigt war.

Wenn möglich, kamen die Tiere noch am Fangtag in das Rohr, dann 1 bis 7 Tage später und weiterhin alle paar Wochen wieder. Sie waren in etwa $25 \times 25 \times 40$ cm großen Käfigen mit Wänden aus Glas und Drahtgitter einzeln oder paarweise untergebracht. Die Käfige standen in einem Schuppen, in dem dauernd das Fenster geöffnet blieb, mit annähernd Außentemperatur im Frühjahr, Sommer und Herbst. Im Winter kamen sie in ein Zimmer, das nicht geheizt wurde, in dem aber die Temperatur selten unter 0°C abfiel. Die Mäuse wurden täglich einmal gefüttert. Das Futter bestand für die Langschwanzmäuse aus einem Gemisch von Mais, Weizen, Gerste, Hafer und Milokorn zu je drei Teilen und einem Teil getrocknetem, ungesalzenem Rindfleisch sowie aus Wasser nach Bedarf und ab und zu etwas getrocknetem Brot. Die Wühlmäuse erhielten frisches Grün, wie es von der Wiese gemäht wurde. Im Winter bekamen sie Heu und Futterrüben. Den Rötelmäusen wurde außerdem einmal wöchentlich eine Gabe vom Trockenfutter der Langschwanzmäuse gegeben. Während der Messungen wurden die Tiere im allgemeinen nicht gefüttert, nur wenn die Versuche länger als 3 Stunden dauerten, erhielten sie alle 2 Stunden kleine Futtergaben.

Für die Auswertung wurden alle Ruheperioden eines Tieres verwendet, die eine Minute oder länger dauerten. Dabei zählte jede volle Minute als eine Messung. Die Temperatur war in Klassen eingeteilt, von $n^{\circ} - 0,5^{\circ}$ bis $n^{\circ} + 0,5^{\circ}$ ausschließlich, für $n =$ ganze Zahlen. Auf Millimeterpapier wurden auf der Abszisse die Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ und auf der Ordinate die Zeit in Minuten eingetragen. Man erhält dadurch ein Säulendiagramm. Abbildung 3 zeigt einige Beispiele.

Jeder Versuch wurde getrennt aufgezeichnet. Aus diesen Diagrammen ließen sich leicht die arithmetischen Mittelwerte errechnen. Die weiteren statistischen Berechnungen wurden nach WEBER (1956) durchgeführt.

Einige, in den Tabellen oft wiederkehrende Abkürzungen sollen noch angegeben werden:

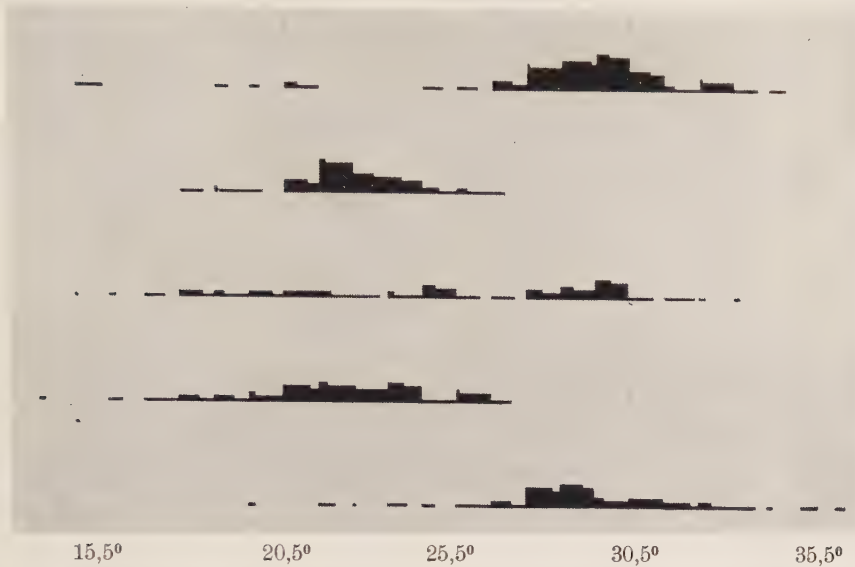


Abb. 3. Säulendiagramme von 5 Erdmäusen. Die Eintragung erfolgte in der oben beschriebenen Weise. Ein mm² auf dem Millimeterpapier entspricht einem Aufenthalt von 1 Minute Dauer

N = Anzahl der Einzelmessungen (Minuten)

$\bar{x}$ = arithmetischer Mittelwert aus den Einzelmessungen eines Tieres

s = Streuung

A = Anzahl der Tiere

$\bar{X}$ = arithmetischer Mittelwert, der aus den Mittelwerten $\bar{x}_i$ mehrerer Tiere gebildet wurde

S = Streuung (entsprechend $\bar{X}$)

Für die Prüfung, ob die Nullhypothese angenommen werden kann oder zu verwerfen ist, wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,2% gewählt. Diese entspricht einem $u = 3,09$ und kommt dem bisher gebräuchlichen $u = 3,00$ am nächsten. Bei kleinen Stichproben wurde, wenn nicht anders angegeben, die gleiche Irrtumswahrscheinlichkeit festgesetzt. Die entsprechenden t -Werte sind von Fall zu Fall angeführt.

Von allen, für die gefundenen Mittelwerte vorgeschlagenen Benennungen, wie thermotaktisches Optimum, thermisches Präferendum usw., scheint die von STINSON und FISHER (1953) eingeführte Bezeichnung „gewählte Temperatur“ („selected temperature“) die beste zu sein. Sie besagt, daß Tiere in einem Temperaturgefälle diese Temperatur gewählt hatten, und ist daher ohne jeden Zweifel richtig. In dieser Arbeit wird daher die Bezeichnung „Wahltemperatur“ gebraucht.

Eine eigene Benennung ist notwendig, da der Name Vorzugstemperatur bereits für die Werte definiert ist, die in der „Temperaturorgel“ gefunden wurden.

Die Vorzugstemperatur ist die Temperatur, die ein Tier bei kühlerer Luft auf einer warmen Unterlage aufsucht. Die Wahltemperatur ist die Temperatur, die ein Tier in gleichmäßiger Umgebung aufsucht.

C. Ergebnisse

1. Erwachsene, frischgefangene und normalgehaltene Tiere

Die Wühlmäuse unterscheiden sich von den Langschwanzmäusen durch viel größere Unruhe im Rohr. Während die letzteren manchmal über eine Stunde lang ruhig saßen, ohne ihren Platz zu wechseln, wenn im Rohr keine Temperaturänderung stattfand, waren bei allen Wühlmäusen Ruheperioden von mehr als 20 Minuten sehr selten (siehe Abb. 4).

Diese Tatsache erfordert eine getrennte Behandlung der beiden Gruppen.

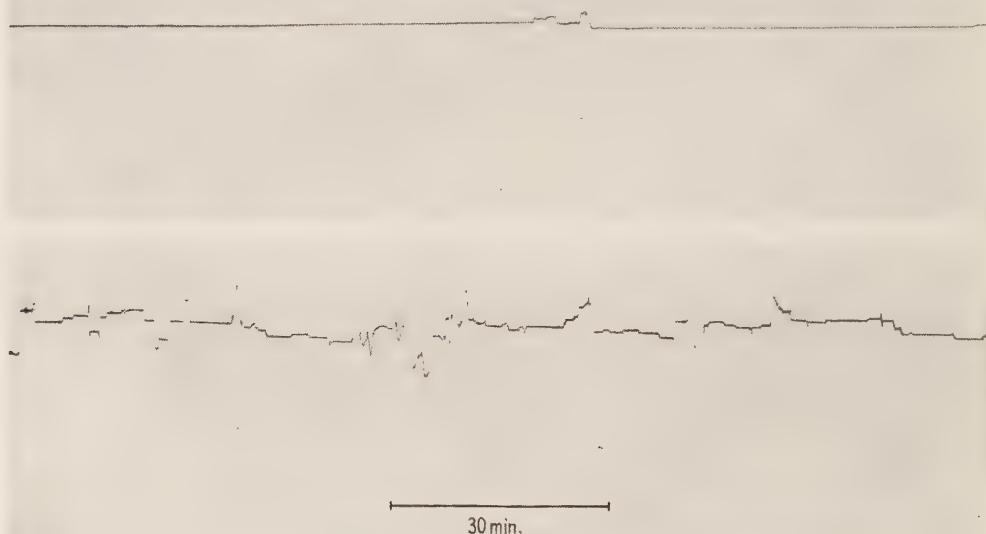


Abb. 4. Ausschnitte aus den Registrierstreifen. Oben von einer Gelbhalsmaus, unten von einer Feldmaus. Jeder Ausschnitt entspricht einer Zeitspanne von 135 Minuten.

a) Wühlmäuse

Zunächst wurde für jedes Tier der Mittelwert bestimmt. Dabei fiel auf, daß die Ergebnisse stark differierten (siehe Tab. 1).

In Tabelle 1 sind die Werte der auf dem Wallberg gefangenen Erdmaus = ♂♂ zusammengestellt. Diese Gruppe wurde deshalb gewählt, weil sie die geringste interindividuelle Streuung aufweist. Bei der Prüfung der Differenzen zwischen den einzelnen Tieren ergab sich, daß von den 78 Kombinationsmöglichkeiten 58 mit signifikantem Unterschied sind (siehe Tab. 2).

Dieses Ergebnis zeigt schon, daß zur Berechnung der Mittelwerte der Arten nicht die Frequenzen der jeweiligen Klassen addiert werden dürfen, und aus diesen Summen der arithmetische Mittelwert berechnet werden kann. Dies würde zu irrefüh-

Tabelle 1. Mittelwerte, Streuung und Anzahl der Messungen von 13 ♂♂ Erdmäusen

Maus Nr.	$\bar{x}$	s	N
180	23,56	3,18	340
264	24,96	1,75	183
201	24,99	4,71	162
185	25,19	2,66	300
174	25,42	2,61	202
177	25,69	2,51	84
230	26,38	2,39	122
188	27,26	3,07	298
169	27,56	3,13	71
167	27,85	2,70	467
229	28,13	1,54	86
172	28,53	1,87	354
200	28,74	1,85	308

Tabelle 2. Die Differenzen zwischen 13 Erdmäusen; + bedeutet, daß $u > 3,09$, also die Differenz signifikant ist, — bedeutet, daß $u < 3,09$

Maus Nr.	200	172	229	167	169	188	230	177	174	185	201	264
180	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
264	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
201	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
185	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
174	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
177	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
230	+	+	+	+	—	+	—	—	—	—	—	—
188	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
169	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
167	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
229	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
172	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

renden Schlußfolgerungen verleiten. Ergibt sich mit dieser Methode ein signifikanter Unterschied zwischen zwei Arten, so kann dieser Aussage kein Anspruch auf Richtigkeit zuerkannt werden, da sich auf dieselbe Weise die Resultate der Tabelle 2 errechnen ließen. Es muß vielmehr eine Methode angewandt werden, mit der die Individuen ein und derselben Art keine signifikanten Differenzen gegeneinander aufweisen. Dies geschieht dann, wenn man den Mittelwert aus den Einzelmessungen einer jeden Maus errechnet, und die so erhaltenen Werte artweise zusammenfaßt.

Eine weitere Bestätigung dieser Auffassung gibt folgender Versuch. Vier Erdmäuse wurden 8 Tage lang, täglich 2 Stunden lang, zur selben Zeit gemessen. Die Resultate zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3. Mittelwerte von 4 Erdmäusen an 8 aufeinanderfolgenden Tagen

Tag	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Nr. 170	27,06	25,14	29,19	28,47	30,47	27,56	30,45	30,54
Nr. 185	25,68	25,93	26,09	28,09	26,17	25,69	26,06	28,42
Nr. 212	22,96	24,95	27,28	26,02	24,85	24,39	23,78	21,74
Nr. 200	29,20	27,34	27,83	27,56	25,86	27,37	28,68	28,68

Betrachtet man jedes Tier für sich, und prüft die Unterschiede zwischen den einzelnen Tageswerten, so besteht in 73 von insgesamt 112 Möglichkeiten eine signifikante Differenz (siehe Tab. 4).

Tabelle 4. Signifikante (+) und nichtsignifikante (—) Differenzen zwischen den Tageswerten der 4 Erdmäuse

Maus Nr. 170								Maus Nr. 185							
Tag	8.	7.	6.	5.	4.	3.	2.	Tag	8.	7.	6.	5.	4.	3.	2.
1.	+	+	—	+	+	+	+	1.	+	—	—	—	+	—	
2.	+	+	+	+	+	+		2.	+	—				—	
3.	+	+	+	+	+			3.	+	—	—				
4.	+	+	—	+				4.	—	+	+	+			
5.	—	—	+					5.	+	—	—				
6.	+	+						6.	+	—					
7.	—							7.	+						

Maus Nr. 212								Maus Nr. 200							
Tag	8.	7.	6.	5.	4.	3.	2.	Tag	8.	7.	6.	5.	4.	3.	2.
1.	—	—	+	+	+	+	+	1.	—	—	+	+	+	+	+
2.	+	+	—	—	+	+		2.	+	+	—	—	—	—	
3.	+	+	+	+	+			3.	—	—	—	+			
4.	+	+	+	+				4.	+	+	—	+			
5.	+	+	—					5.	+	+	+				
6.	+	—						6.	+	+					
7.	+							7.	—						

Das heißt: die gleiche Maus unterscheidet sich von sich selbst. Das ist in jedem Fall widersinnig.

Betrachtet man aber jeden Mittelwert als eine „Messung“ und prüft dann die Differenzen, so ist keine signifikant, da $t = 0$ wird. Auch wenn die Tiere zusammengefaßt werden, läßt sich kein gesicherter Unterschied nachweisen (siehe Tab. 5).

Tabelle 5. Mittelwerte der 4 Erdmäuse, tageweise zusammengefaßt zu einem gemeinsamen Mittel ($\bar{X}$) und Streuung (S)

Tag	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
$\bar{X}$	26,23	25,84	27,60	27,54	26,84	26,25	27,24	27,35
S	2,6	1,1	1,3	1,1	2,5	1,5	2,9	3,9

Vom 2. Tag zum 4. Tag ist die Differenz am größten. Hierfür ergibt sich ein $t = 2,22$. Für alle anderen Unterschiede wird $t < 2,22$. Bei der festgesetzten Irrtumswahrscheinlichkeit von $P = 0,2\%$ ist der Tabellenwert bei 6 Freiheitsgraden von $t_{0,001} = 5,21$.

Die bisher gewonnenen Resultate zeigen, daß man für die Ermittlung der art-eigenen Werte von den Mittelwerten der Individuen ausgehen muß. Diese Methode hat den Nachteil, daß dadurch nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Werten vorliegt, sie ist aber die einzige, die zu brauchbaren und sinnvollen Ergebnissen führt. Im folgenden sind alle Berechnungen in dieser Weise vorgenommen.

Die Tiere wurden in gewissen Zeitabständen mehrere Male gemessen. Es zeigte sich, daß die Haltung im Laboratorium keinen Einfluß auf die Höhe der Wahltemperatur hat (siehe Tab. 6).

Tabelle 6. Mittelwerte der Wahltemperatur von 11 Rötelmäusen am Fangtag und nach verschieden langer Haltung im Labor

			I.	II.	III.	IV.
Gruppe A	Nr. 144		28,52	28,07	28,33	23,96
	Nr. 146		29,73	27,95	29,59	29,10
	Nr. 148		25,92	23,11	26,77	23,03
	Nr. 159		31,71	31,17	30,98	28,47
	Nr. 149		29,17	25,64	27,37	29,44
		$\bar{X}$	29,01	27,18	28,61	26,80
		S	2,1	3,0	1,7	3,1
Gruppe B	Nr. 150		28,16	26,08	—	30,55
	Nr. 147		22,96	26,64	—	18,09
	Nr. 141		28,88	29,18	—	28,05
	Nr. 160		29,63	29,69	—	30,15
	Nr. 156		23,10	28,12	—	28,13
	Nr. 158		21,09	22,79	—	26,62
		$\bar{X}$	25,64	27,08	—	26,93
		S	3,7	2,5	—	4,6

Unter I. stehen die Ergebnisse, die am Fangtag, unter II. die am 2. bis 5. Tag, unter III. einen Monat, und unter IV. 2½ Monate später gefunden wurden. Alle Messungen stammen aus der Zeit zwischen 17. Mai und 13. August.

Für Gruppe A wird der größte Wert von $t = 1,34$; für Gruppe B werden alle $t < 0,8$ während die entsprechenden Werte für $t_{0,001} = 4,50$ bzw. $= 4,14$ betragen.

Auch in halberwachsenem Alter gefangene und im Käfig herangewachsene Tiere unterscheiden sich nicht von erwachsenen Frischfängen. 16 Erdmäuse hatten am Fangtag einen gemeinsamen Mittelwert von $\bar{X} = 27,14^\circ \text{C}$ mit einer Streuung von $S = 1,7$. Die entsprechenden Daten für die in Gefangenschaft herangewachsenen Tiere waren: $\bar{X} = 25,92$; $S = 1,9$; $A = 7$. Für diese Differenz wird $t = 1,47$; $t_{0,001} = 3,53$.

Einer weiteren Prüfung bedarf die Frage, ob sich die Wahltemperatur unter dem Einfluß der Tageszeit oder Jahreszeit ändert, da die verschiedenen Arten zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten untersucht wurden. Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse eines Experimentes, bei dem eine Erdmaus 4 Tage lang täglich 12 Stunden gemessen wurde. Diese Zeit wurde in 6 Intervalle von je 2 Stunden eingeteilt und die ermittelten Werte tageweise zusammengefaßt.

Die Auswertung zeigt, daß die auftretenden Abweichungen nur zufällige sind.

Ähnliche Resultate ergaben sich bei den Untersuchungen über die Abhängigkeit von der Jahreszeit. Leider waren hier die durchgeführten Messungen nicht zahlreich genug für eine völlig zuverlässige Aussage. Es lag daran, daß nicht genügend Käfige

Tabelle 7. Zur Abhängigkeit der Wahltemperatur von der Tageszeit

Uhrzeit	9—11	11—13	13—15	15—17	17—19	19—21
1. Tag	25,64	29,79	26,29	25,83	27,09	28,90
2. Tag	24,39	27,39	27,95	24,98	28,38	27,74
3. Tag	25,63	27,25	28,35	26,31	27,34	22,63
4. Tag	26,70	27,03	26,53	26,87	27,45	26,54
$\bar{X}$	25,59	27,87	27,28	26,00	27,57	26,45
S	0,9	1,3	1,0	0,8	0,7	2,7

Für alle Differenzen wird $t < 3,6$;
 $t_{0,001} = 5,21$

vorhanden waren, um die entsprechende Anzahl von Mäusen ein ganzes Jahr lang zu halten, und die technischen Hilfsmittel fehlten, um die Vergleichsgruppen so unterzubringen, wie es für die Durchführung exakter Untersuchungen notwendig gewesen wäre. Die Messungen jedoch, die im folgenden für die Betrachtung der Verhältnisse bei den einzelnen Arten verwendet werden, sind zum allergrößten Teil nur in den Monaten Mai mit Oktober gewonnen, so daß eine eventuelle Senkung der Wahltemperatur in den Wintermonaten aus den erhaltenen Ergebnissen ausgeschlossen bleibt. Eine gesicherte Änderung tritt in den Sommermonaten nicht ein, wie die Beispiele aus Tabelle 6 lehren.

Schließlich bleibt noch zu prüfen, ob die Geschlechter in der Wahltemperatur sich unterscheiden. In Tabelle 8 stehen alle ♂♂ und alle ♀♀ jeder Art getrennt zusammengefaßt. Dabei wurden sämtliche Werte von frischgefangenen und unter den beschriebenen Bedingungen im Laboratorium gehaltenen Mäusen verwendet.

Tabelle 8. Die Wahltemperatur der untersuchten Wühlmausarten nach Geschlechtern getrennt

Art	X	S	A	t	$t_{0,001}$
Rötelmaus					
Tal ♂♂	27,57	2,2	8		
♀♀	26,83	2,9	7	0,56	3,85
Berg ♂♂	24,35	4,6	9		
♀♀	24,09	4,0	10	0,13	3,65
Erdmaus					
Tal ♂♂	27,09	1,8	8		
♀♀	24,62	2,0	15	2,89	3,51
Berg ♂♂	26,48	1,6	13		
♀♀	27,15	2,2	10	0,85	3,51
Feldmaus					
Tal ♂♂	26,61	2,6	9		
♀♀	25,81	3,8	12	0,55	3,58
Schneemaus					
Berg ♂♂	26,74	2,5	19		
♀♀	26,19	3,8	15	0,51	3,37
Kurzhohrmaus					
Berg ♂♂	24,80	3,1	10		
♀♀	26,47	1,9	8	1,33	3,69

Der Vergleich der t -Werte mit denen für $t_{0,001}$ zeigt, daß sich männliche und weibliche Tiere derselben Art nicht signifikant voneinander unterscheiden. Gravide und lactierende ♀♀ waren bei den Versuchen weggelassen.

Die in den Tabellen 5 mit 8, gezeigten Resultate erlauben, für die Berechnung der Wahltemperatur der einzelnen Arten, eine Zusammenfassung der Werte folgender Gruppen: 1. Frischfänge; 2. im Laboratorium gehaltene und herangezogene Tiere; und 3. ♂♂ und ♀♀. Dies kann geschehen ohne Berücksichtigung der Tageszeit und der Jahreszeit (in dem oben angegebenen Umfang), zu der die Messungen vorgenommen wurden. Dabei ergeben sich die in Tabelle 9 angeführten Daten.

Tabelle 9. Die Wahltemperatur der untersuchten Wühlmäuse

Art	Fangort	$\bar{X}$	S	A
Rötelmaus	Tal	27,22	2,5	15
(<i>Clethrionomys glareolus</i>)	Berg	24,22	4,2	19
Erdmaus	Tal	25,48	2,2	23
(<i>Microtus agrestis</i>)	Berg	26,77	1,9	23
Feldmaus	Tal	26,15	3,2	21
(<i>Microtus arvalis</i>)				
Schneemaus	Berg	26,49	3,1	34
(<i>Microtus nivalis</i>)				
Kurzhohrmaus	Berg	25,54	2,7	18
(<i>Pitymys subterraneus</i>)				

Zwischen diesen Arten läßt sich keine signifikante Differenz finden. (Alle $t < 2,25$ und alle $t_{0,001} > 3,23$.) Auch Tiere derselben Art, von klimatisch verschiedenen Fundorten (Höhendifferenz 900 m bis 1000 m), zeigen keine gesicherten Abweichungen. Dies führt zu der Annahme, daß die betreffenden Mäuse keine arteigene Wahltemperatur haben, sondern alle einen bestimmten Temperaturbereich aufsuchen. Bildet man aus den Mittelwerten dieser Mäuse das gemeinsame Mittel, so erhält man einen Wert von 26,01° C. Tatsächlich läßt sich nun zeigen, daß die Abweichung der Arten von diesem Wert nur zufällig sind (siehe Tab. 10).

Tabelle 10. Die arteigenen Wahltemperaturen der Wühlmäuse und die t -Werte für die Differenz zum gemeinsamen Mittel

Art		$\bar{X}$	t	$t_{0,025}$
Rötelmaus	Tal	27,22	1,89	2,14
Rötelmaus	Berg	24,22	1,88	2,10
Erdmaus	Tal	25,48	1,14	2,07
Erdmaus	Berg	26,77	1,96	2,07
Feldmaus		26,15	0,20	2,09
Schneemaus		26,49	0,90	2,03
Kurzhohrmaus		25,54	0,74	2,11

Tabelle 10 zeigt, daß sich diese Behauptung auch dann noch aufrechterhalten läßt, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,2 % auf 5 % ($P = 5\%$; entspricht $t_{0,025}$) ausgedehnt wird.

Nachdem zwischen den Mittelwerten keine echten Differenzen vorhanden sind, ist noch zu prüfen, ob sich die Arten vielleicht auf Grund ihrer Streuung unterscheiden. Hierzu dient die Methode der Varianzanalyse. Die entsprechenden Berechnungen ergaben einen Wert: $F = 2,27$. Wenn signifikante Unterschiede vorhanden wären, müßte im vorliegenden Fall $F \geq 3,70$ sein, bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $P = 5\%$.

Für die bisherigen Berechnungen wurde jeder Mittelwert der Mäuse gleich bewertet, unabhängig davon, aus wie vielen Einzelmessungen er gebildet wurde. Im Durchschnitt waren es 200 bis 400, in einigen Fällen auch unter 100 und über 1000 Werte (= Minuten) pro Tier (= nicht gewogenes Mittel).

Eine zweite Möglichkeit ist eine Berechnung unter Berücksichtigung der Anzahl der Einzelmessungen (= gewogenes Mittel). Welche dieser beiden Methoden anzuwenden ist, läßt sich nicht leicht entscheiden, da sich bei beiden Argumente für die Annahme oder Ablehnung finden lassen. Eine Klärung dieser Frage erübrigt sich aber deshalb, weil die Ergebnisse aus beiden Methoden nur um ganz geringe Beträge differieren (siehe Tab. 11).

Tabelle 11. Die gewogenen Mittelwerte der Wühlmausarten und ihre Abweichung von den nichtgewogenen Mittelwerten (Tab. 9)

Art	gewogenes Mittel	N	Abweichg. v. Tab. 9
Rötelmaus, Tal	27,07	9319	—0,15
Rötelmaus, Berg	24,61	8531	+ 0,39
Erdmaus, Tal	25,20	5363	—0,28
Erdmaus, Berg	26,90	5177	+ 0,13
Feldmaus	27,15	3268	+ 1,00
Schneemaus	26,09	6843	—0,40
Kurzohrmaus	25,37	9448	—0,17

Diese Resultate ändern die im Zusammenhang mit Tabelle 10 aufgestellte Behauptung nicht, daß die arteigenen Mittelwerte nur zufällige Abweichungen vom gemeinsamen Mittel darstellen. Bei den insgesamt 153 Tieren der 5 untersuchten Wühlmausarten ließ sich zwischen den Arten kein gesicherter Unterschied feststellen, während zwischen den Individuen einer Art zum Teil beachtliche Differenzen auftraten (siehe Abb. 5).

b) Langschwanzmäuse

Die Ergebnisse der Langschwanzmäuse wurden in der gleichen Weise errechnet wie die der Wühlmäuse. Um eine Wiederholung zu vermeiden, sei hierfür nur ein Versuch als Beispiel ausführlicher dargestellt. Für die Prüfung der Abhängigkeit von der Tageszeit wurde eine Gelbhalsmaus 6 Tage lang je 10 Stunden gemessen. Die Einteilung in 2stündige Intervalle und tageweise Zusammenstellung ergab die in Tabelle 12 wiedergegebenen Werte.



Abb. 5. Graphische Darstellung der Mittelwerte der einzelnen Mäuse, artweise zusammengestellt. In jeder Zeile sind die Mittelwerte der Individuen einer Art zusammengefaßt, und zwar in folgender Reihenfolge von oben nach unten (Wühlmäuse): 1. Rötelmaus, Tal, 2. Rötelmaus, Berg, 3. Erdmaus, Tal, 4. Erdmaus, Berg, 5. Feldmaus, Tal, 6. Schneemaus, Berg und 7. Kurzzohrmaus, Berg.

Tabelle 12. Zur Abhängigkeit der Wahltemperatur von der Tageszeit

Uhrzeit	9—11	11—13	13—15	15—17	17—19
1. Tag	30,15	29,90	29,25	28,68	29,33
2. Tag	29,18	30,53	30,20	31,28	30,78
3. Tag	31,48	31,30	30,55	31,38	30,30
4. Tag	29,90	30,45	31,35	31,58	31,13
5. Tag	30,68	31,98	30,85	31,05	30,65
6. Tag	31,28	31,40	31,25	31,65	31,60
X	30,45	30,93	30,58	30,94	30,63
S	2,0	1,7	1,7	2,5	1,7

Für alle Differenzen ist $t < 1,03$;
 $t_{0,001} = 4,14$.

Ein Vergleich mit dem entsprechenden Experiment bei Wühlmäusen (siehe Tab. 7) zeigt, daß die verschiedenen Messungen am selben Tier viel geringere Schwankungen aufweisen. Dieses Verhalten konnte bei fast allen Langschwanzmäusen beobachtet werden.

Die 3 untersuchten Arten haben folgende Mittelwerte (siehe Tab. 13). Dabei unterscheiden sich Waldmaus und Gelbhalsmaus nicht, während die Hausmaus von

Tabelle 13. Die Wahltemperatur der untersuchten Langschwanzmäuse

Art	Fangort	X	S	A
Waldmaus (<i>Apodemus sylvaticus</i>)	Tal	26,26	4,1	22
Gelbhalsmaus (<i>Apodemus flavicollis</i>)	Tal	28,12	1,2	16
Hausmaus ¹⁾ (<i>Mus musculus domesticus</i>)	Tal	30,87	1,5	10

¹⁾ Die Werte der Hausmaus stammen ausschließlich von Tieren, die in geheizten Räumen gefangen wurden. Bei eventuell vorhandenen Freilandtieren könnten sich vielleicht andere Werte ergeben.

den beiden anderen Arten signifikant differiert. Dementsprechend lassen sich Waldmaus und Gelbhalsmaus auf einen gemeinsamen Wert von mindestens $27,52^{\circ}\text{C}$ und höchstens $28,08^{\circ}\text{C}$ bringen. Die Waldmäuse ließen sich mit ihren Wahltemperaturen in die Gruppe der Wühlmäuse einbeziehen ($t = 0,285$; $t_{0,025} = 2,08$). Im Bereich von $27,57^{\circ}\text{C}$ bis $27,78^{\circ}\text{C}$ ist der Unterschied der beiden *Apodemus*-Arten zu den Wühlmäusen nicht gesichert ($t = 2,7$ bis $3,0$; $t_{0,001} = 3,1$). Da aber die Gelbhalsmaus signifikant gegen die Wühlmäuse differiert, scheint eine getrennte Bewertung der beiden Gruppen zweckmäßig zu sein. Die isolierte Stellung der Hausmaus steht außer Zweifel. Es bleiben also unter den Langschwanzmäusen zwei Gruppen: die beiden Arten der Gattung *Apodemus* mit dem Mittelwert $27,83^{\circ}\text{C}$ und *Mus musculus domesticus* mit einem errechneten Mittelwert von $30,87^{\circ}\text{C}$.

Die Lage der arithmetischen Mittel der einzelnen Tiere zeigt Abbildung 6 in graphischer Darstellung.

Die Abweichung der gewogenen Mittel von den oben angegebenen beträgt bei Waldmaus $+0,09^{\circ}\text{C}$, bei Gelbhalsmaus $-0,13^{\circ}\text{C}$ und bei Hausmaus $-0,14^{\circ}\text{C}$.

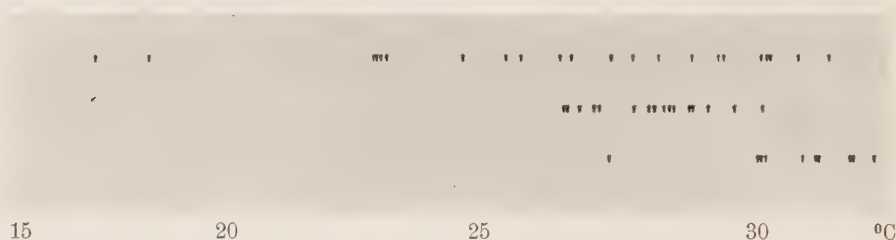


Abb. 6. Graphische Darstellung der Mittelwerte der einzelnen Mäuse, artweise zusammengestellt. In jeder Zeile sind die Mittelwerte der Individuen einer Art zusammengefaßt, und zwar in folgender Reihenfolge von oben nach unten (Langschwanzmäuse): 1. Waldmaus, Tal, 2. Gelbhalsmaus, Tal und 3. Hausmaus, Tal.

2. Junge und halberwachsene, frischgefangene und normalgehaltene Tiere

In den ersten Lebenstagen sind die jungen Mäuse nicht in der Lage, durch eigene Fortbewegung die zusagenden Temperaturbereiche im Rohr aufzusuchen. In dieser Zeit kam jeweils ein Junges mit dem Muttertier zusammen zur Untersuchung. Mehr als ein Junges mitzugeben, erwies sich als unzuverlässig, da das Muttertier dann sehr unruhig wurde und eines oder mehrere der Nestlinge vernachlässigte.

Zunächst wurde geprüft, ob sich die Wahltemperatur der ♀♀ während der Fortpflanzungszeit ändert. Dazu dienten 4 Erdmaus = ♀♀, bei denen eine genaue Altersbestimmung der Würfe gelang. Diese Weibchen konnten vor der Begattung, zum Teil während der Gravidität, mit den Jungen zusammen und nach dem Selbständigwerden der Jungen gemessen werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigt Tabelle 14.

Tabelle 14. Die Wahltemperatur der Erdmaus ♀♀ in der Fortpflanzungszeit

Maus Nr.	I.	II.	III.	IV.		
				a	b	c
211	27,16	26,63	22,99	26,53	26,14	28,32
212	26,94	—	20,86	21,61	21,84	29,15
243	26,53	26,30	28,02	28,71	30,57	29,76
257	27,63	—	28,47	28,27	25,83	28,06
$\bar{X}$	27,07	26,47	25,09	26,28	26,10	28,82
S	1,5	0,25	3,8	2,7	3,6	0,8

I. ist die Wahltemperatur vor der Begattung, II. während der Gravidität, III. nach dem Selbständigwerden der Jungen und IV. mit den Jungen im Alter von $a = 1-3$ Tagen, $b = 4-7$ Tagen und $c = 8-12$ Tagen.

Für die Differenzen werden alle $t < 2,14$; $t_{0,001} = 5,21$. Die Mäuse zeigten keine Änderung der Wahltemperatur während der Gravidität und der Lactationsperiode.

Waren die Jungen fähig zu laufen und somit in der Lage, im Versuch richtig zu reagieren, wurden sie allein in das Rohr gesetzt. Der Meßvorgang verlief in der gleichen Weise wie bei erwachsenen Tieren.

In den ersten 3 Lebenswochen ist die Wahltemperatur deutlich erhöht. Sie sinkt langsam ab und erreicht in der 4. Woche denselben Stand wie bei erwachsenen Tieren. Dieses Verhalten zeigte sich sowohl bei den untersuchten Erdmäusen als auch bei den Rötelmäusen. Als Beispiel gibt Tabelle 15 die Werte einer Anzahl junger Erdmäuse wieder.

Tabelle 15. Die Wahltemperatur junger Erdmäuse

Alter in Tagen	13—14	17—18	21—22	25—27	33—35
$\bar{X}$	32,38	30,15	29,89	24,62	27,55
S	0,8	1,6	0,4	1,4	2,0
t	6,42	6,15	18,79	3,0	1,69
$t_{0,001}$	5,21	5,89	10,22	4,50	7,17

Die t -Werte beziehen sich auf die Differenzen der $\bar{X}$ zum gemeinsamen Mittel aller Wühlmäuse ($= 26,01$).

Diese Resultate lassen schon erwarten, daß sich halberwachsene Mäuse von den erwachsenen derselben Art in ihrer Wahltemperatur nicht unterscheiden. Die Angaben in Tabelle 16 bestätigen diese Annahme für einige Arten.

Tabelle 16. Die Wahltemperatur von halberwachsenen Mäusen und die t -Werte für die Differenz zu den erwachsenen derselben Art

Art	$\bar{X}$	S	A	t	$t_{0,001}$
Erdmaus	26,90	1,9	10	$< 1,49$	4,30
Feldmaus	28,21	1,5	16	2,35	3,73
Gelbhalsmaus	28,36	1,5	5	$< 1,22$	7,17
Hausmaus	29,79	2,3	11	1,26	4,14

Alle hier angeführten Werte stammen von in halberwachsenem Alter gefangenen Tieren.

3. Grenzen der Wahltemperatur

Als Grenze der Wahltemperatur soll hier die Temperatur bezeichnet werden, bei der die Versuchstiere von ihrem Ruheplatz durch steigende (sinkende) Temperatur vertrieben wurden. Man könnte sie auch Fluchttemperatur nennen, oder thermotaktisches Maximum (Minimum) in Relation zur Bezeichnung thermotaktisches Optimum.

Durch die dauernde Temperaturvariation im Rohr wurden die Mäuse immer wieder gezwungen, ihren Platz zu wechseln. Da aber die Tiere auch bei konstanter Temperatur oft ihren Ruheort änderten, müssen zur Erfassung der Werte, bei denen sie einen Platz der Temperatur wegen verließen, gewisse Mindestbedingungen gestellt werden. Folgende Einschränkungen wurden für ausreichend gehalten: Ein Wert wurde notiert, wenn eine Maus einen Platz verließ, auf dem sie vorher mindestens 5 Minuten lang bei steigender (fallender) Temperatur ruhig gesessen hatte, oder: wenn in kürzerer Zeit (mindestens aber 2 Minuten) die Temperatur um mindestens 2°C gestiegen (gefallen) war und die Maus hernach eine Temperatur aufsuchte, die um mindestens 2°C tiefer (höher) war als die verlassene und diese im Verlauf desselben Versuches nicht wieder aufsuchte.

Diese Beschränkung verursachte jedoch eine sehr geringe Anzahl von Ablesewerten. Daher erschien es nicht zweckmäßig, für jedes Tier eigene Mittelwerte zu berechnen. Für die Bestimmung der oberen Grenztemperatur wurden die Werte artweise zusammengefaßt (siehe Tab. 17).

Tabelle 17. Die obere Grenztemperatur der untersuchten Mäuse

Art	$\bar{x}$	s	N
Rötelmaus	32,38	3,89	96
Erdmaus	30,92	2,95	38
Feldmaus	32,39	3,22	31
Schneemaus	32,26	3,31	35
Kurzhohrmaus	33,36	4,11	14
Waldmaus	32,48	3,05	54
Gelbhalsmaus	32,43	2,57	84

Die Überprüfung der Differenzen ergab, daß alle $u < 2,53$ sind. Bei der festgesetzten Irrtumswahrscheinlichkeit von $P = 0,2\%$ bedeutet dies, daß sich die Werte der untersuchten Arten nicht unterscheiden. Bei der Hausmaus liegen nur 5 Ablesewerte vor. Sie ergeben ein Mittel von $34,2^{\circ}\text{C}$. Dieses wurde deshalb in Tabelle 17 nicht mit angegeben, da die Anzahl der Ablesungen für eine brauchbare Aussage zu gering ist.

Für die Bestimmung der unteren Grenztemperatur liegen sehr viel weniger Messungen vor, da keine Einrichtung vorhanden war, mit deren Hilfe eine entsprechend rasche Senkung der Temperatur am kalten Ende des Rohres hätte erreicht werden können. Für alle Arten, außer Hausmaus, stehen insgesamt nur 36 Werte zur Verfügung. So wurde in Anlehnung an das Ergebnis bei der oberen Grenztemperatur

ein gemeinsamer Mittelwert errechnet. Er beträgt $\bar{x} = 19,86^{\circ}\text{C}$ mit einer Streuung $s = 6,7$.

Wie der hohe Betrag für die Streuung zeigt, liegt die obere Grenztemperatur viel klarer definiert als die untere. Das lehrt auch das Studium von Abbildung 5 und 6. Während unterhalb der unteren Grenztemperatur noch etliche individuelle Mittelwerte liegen, ist über der oberen Grenztemperatur kein einziger Mittelwert irgendeiner Maus gefunden worden.

Allen Untersuchungen über die Grenztemperatur liegen ausschließlich Messungen an erwachsenen Tieren zugrunde.

4. Wahltemperatur und Nesttemperatur

Alle verwendeten Meßwerte stammen von Tieren, die in Ruhe waren. Da die Mäuse in Freiheit sicherlich die Zeit der Inaktivität größtenteils im Nest verbringen, kann angenommen werden, daß die Wahltemperatur mit der Temperatur im Nest in Zusammenhang steht.

Zur Untersuchung der Nesttemperatur kam die Maus in ein besonders vorbereitetes Nest. Ein Metallrohr von 12 cm Länge und einem Durchmesser von 3 cm endete auf der einen Seite offen, auf der anderen in einen annähernd kugelförmigen Behälter aus Drahtgitter (Maschenweite 13 mm, Drahtstärke 0,7 mm) mit einem Durchmesser von etwa 7 cm. Um diesen Korb kam eine Isolierschicht aus trockenem Laub und Heu. Dieses Kunstnest lag in einem Käfig in Erde eingebettet. Das Ganze wurde dann ringsum mit Steinplatten so abgedeckt, daß die Maus das Nest nur durch das Rohr erreichen konnte, dessen offenes Ende ein Loch zwischen den Steinen bildete. In das Nestinnere ragte ein Thermoelement, das zum Schutz gegen Feuchtigkeit und Beschädigung in einer zugeschmolzenen Glaskapillare steckte. $\frac{3}{4}$ des Käfigraumes beanspruchte das Nest mit Isolier- und Schutzmaterial, im restlichen Viertel lagen Futter und so viel Heu, daß die Maus zwar damit das Nest etwas auspolstern, jedoch weder das Thermoelement mit Heu verdecken noch sich außerhalb des Nestes einen anderen Unterschlupf bauen konnte. Das Thermoelement war am registrierenden Galvanometer angeschlossen.

Die auf diese Weise gemessene Nesttemperatur zeigt eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit den gefundenen Wahltemperaturwerten (siehe Abb. 7). Ein Vergleich der Nesttemperatur mit der Außentemperatur, die von einem Thermographen registriert wurde, ergibt, daß die Nesttemperatur von der Außentemperatur in geringem Maße beeinflusst wurde. Unter natürlichen Verhältnissen dürfte die Einwirkung der Außentemperatur viel geringer sein, als in dieser Versuchsanordnung, denn das kurze Schlupfrohr und seine Beschaffenheit aus Metall verminderten die Isolierung des Nestes gegen die Umgebung. Die kurzfristigen Temperaturschwankungen entstanden dadurch, daß die Tiere öfters ihre Lage änderten und dabei verschieden weit vom Thermoelement entfernt lagen. Da das Nest von der Maus erwärmt wird, nimmt die Temperatur von ihr zur Nestwand hin ab. Ohne den Versuch zu stören, ist es aber nicht möglich, die Lage der Maus und des Elementes zu beobachten.

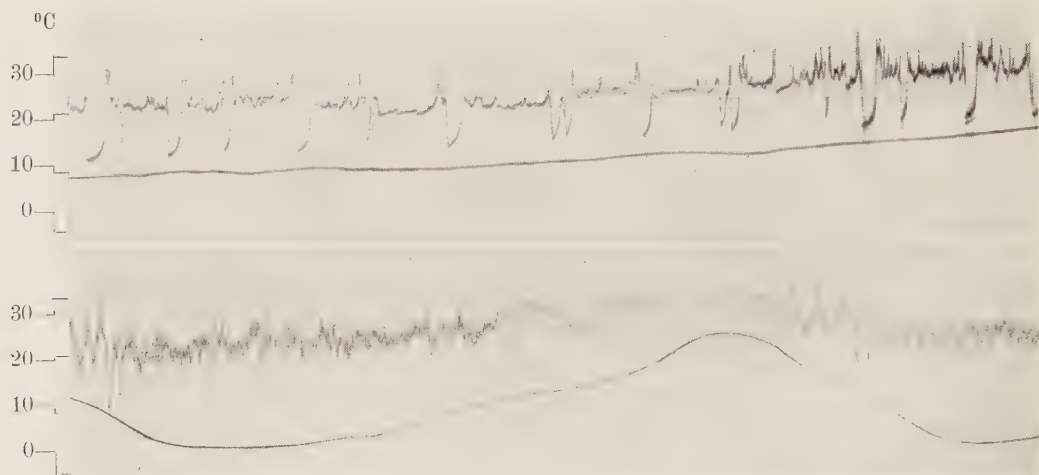


Abb. 7. Zwei Ausschnitte aus Nesttemperaturdiagrammen. Oben von einer Rötelmaus, unten von einer Feldmaus mit 4 Jungen im Alter von 8 Tagen. — Unter jedem Nesttemperaturdiagramm ist die Außentemperatur aufgetragen. Jeder Ausschnitt entspricht einer Beobachtungszeit von 30 Stunden.

Deshalb eignen sich die gefundenen Werte auch nicht für genaue Berechnungen. Hier genügt es aber, wenn feststeht, daß die Nesttemperatur nicht wesentlich von der Wahltemperatur abweicht. Die Erdmaus war mit ihren Jungen zusammen im Nest. Darum ist dort die Abkühlung nicht zu beobachten, die bei der Rötelmaus beim Verlassen des Nestes auftrat und auf dem Diagramm gut zu sehen ist.

Daß die Wahltemperatur in erster Linie von der Nesttemperatur abhängt, zeigt das Resultat eines weiteren Versuches. Von einigen Arten (Feldmaus, Schneemaus, Rötelmaus und Waldmaus) wurden mehrere Tiere in je zwei Gruppen aufgeteilt und kamen in je einen Käfig mit einem gemeinsamen Nest. Dadurch erhöhte sich die Nesttemperatur, ohne daß die Umgebung des Nestes eine wesentliche Temperaturänderung erfuhr. Um zu sehen, ob die Nest- oder Umgebungstemperatur einen größeren Einfluß auf eine eventuelle Änderung der Wahltemperatur hat, kam je eine der beiden Gruppen jeder Art in sehr warmen (25°C bis 28°C) und kalten (-6°C bis $+7^{\circ}\text{C}$) Raum. Vorher wurden sie einzeln gehalten und kurz vor Beginn des Versuches gemessen. Im Abstand von einigen Wochen kamen sie dann zur Untersuchung wieder in das Rohr. Dabei zeigte sich bei allen Gruppen eine deutliche Erhöhung der Wahltemperatur, und zwar ohne erkennbare Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur. Am klarsten liegt das Ergebnis bei den zwei Gruppen von je 8 Feldmäusen, die als Beispiel in Tabelle 18 aufgeführt sind.

Mit zunehmender Versuchsdauer tritt eine bedeutende Verringerung der interindividuellen Streuung auf; d. h., bei gleicher Nesttemperatur gleichen sich die Werte der Tiere einander an. Jede der beiden Gruppen bestand aus 8 erwachsenen Feldmäusen. In der Wärmegruppe starb eine Maus kurz vor der 3. Messung, so daß ihre Werte bei der Betrachtung ausgeschlossen werden mußten.

Tabelle 18. Änderung der Wahltemperatur durch Haltung mehrerer Tiere in einem gemeinsamen Nest bei verschiedener Umgebungstemperatur

A. Wärmegruppe					
	I.	II.	III.	$t_{0,025}$	$t_{0,001}$
$\bar{X}$	24,93	30,64	30,72		
S	2,8	1,5	0,06	2,45	5,21
t	0,42	4,95	32,9		

B. Kältegruppe					
	I.	II.	III.	$t_{0,025}$	$t_{0,001}$
$\bar{X}$	25,03	30,85	31,18		
S	3,5	0,95	0,08	2,36	4,79
t	0,22	14,1	22,8		

I. ist die Messung vor Beginn des Versuches

II. ist die Messung 6—7 Wochen nach Beginn des Versuches

III. ist die Messung 9—10 Wochen nach Beginn des Versuches

Die t -Werte beziehen sich auf die Differenz zum gemeinsamen Mittel der untersuchten Wühlmäuse (= 26,01° C).

Leider fehlte die entsprechende Anzahl von Käfigen, um die Tiere danach weiterhin einzeln zu halten und zu beobachten, ob die Wahltemperatur dann wieder auf den früheren Stand absinkt und die große interindividuelle Streuung wieder auftritt. Eine Änderung der Wahltemperatur bei einzelner oder paarweiser Haltung konnte nicht beobachtet werden (siehe Tab. 6).

D. Diskussion

Über das Verhalten von Mäusen im künstlichen Temperaturgefälle wurden bereits umfangreiche Untersuchungen angestellt. Deren Ergebnisse lassen sich aber nur bedingt mit denen der vorliegenden Arbeit vergleichen. Einerseits wurden bisher alle Versuche an einheimischen Mäusen mit der HERTERSchen „Temperaturorgel“ ausgeführt, andererseits untersuchten STINSON und FISHER (1953), die ein Metallrohr verwendeten, nur nordamerikanische Hirschmäuse der Gattung *Peromyscus* und einige weiße Hausmäuse unbekannter Herkunft. Dennoch scheinen die Unterschiede in der Methode und den Ergebnissen einer genaueren Betrachtung wert.

In der von HERTER (1934) entwickelten Temperaturorgel ist auf dem Boden (Aluminiumschiene) ein lineares Temperaturgefälle errichtet. In der Luft über diesem Boden tritt sowohl eine vertikale als auch eine horizontale Temperaturschichtung auf, überlagert von einer Konvektionsströmung, deren Entstehung durch die Form des Aufbaues über der Aluminiumplatte begünstigt wird. Diese verwickelten Verhältnisse erlauben keine genaue Erfassung der Temperatur der Luft über dem Boden. Mit Sicherheit kann nur festgestellt werden, daß die Luft in dem Bereich, in

dem die Tiere sich aufhielten, schon in geringem Abstand vom Boden stets kälter als die Aluminiumschiene war. Somit liegt das Versuchstier mit höchstens der Hälfte der Körperoberfläche dem warmen Boden an, während der übrige Teil des Körpers in Luft von unterschiedlicher, aber tieferer Temperatur ragt. Es wurde aber — mit einer Ausnahme (BODENHEIMER 1941) — nur die Temperatur der Unterlage gewertet.

Zu dieser technischen Fehlermöglichkeit kommen noch weitere physiologische: Die auftretende Konvektionsströmung bewirkt, daß das Tier mit mehr als der Hälfte seiner Körperoberfläche bewegter Luft ausgesetzt ist. Diese bedingt aber eine erhöhte Wasserverdunstung und wirkt „kälter“ als stagnierende Luft gleicher Temperatur, zumindest an den unbehaarten Körperpartien. Diese Wirkung wird noch dadurch verstärkt, daß die Luft, die in Bodennähe vom kalten Ende der Temperaturorgel zum warmen Ende fließt, auf ihrem Weg erwärmt wird und dann eine niedrige relative Feuchtigkeit aufweist. Eine weitere Fehlermöglichkeit liegt in der Verwendung von Aluminium als Unterlage für die Maus. Wegen der sehr guten Wärmeleitfähigkeit von Aluminium wird das Tier zumindest an den unbehaarten Stellen der Fußsohle, die der Platte direkt aufliegen, selbst bei relativ hoher Temperatur kalt empfinden. Jede der genannten Fehlermöglichkeiten wird bei ihrem Auftreten eine Verschiebung der Ergebnisse in höhere Temperatur verursachen. Dazu muß auch noch beachtet werden, daß die Versuchsbedingungen nicht der natürlichen Umgebung der Mäuse entsprechen. „Temperaturorgelverhältnisse“ können in der Natur eigentlich nur sehr selten entstehen. Jedenfalls treten sie höchstens an der Erdoberfläche auf, niemals aber in den Gängen oder Höhlen, in denen sich die Mäuse 80 % bis 95 % der Zeit ihres Lebens (OSTERMANN 1956) aufhalten. Dort ist eine größere Differenz zwischen Boden- und Lufttemperatur nur bei ständiger kräftiger Luftströmung möglich. Diese wird aber von den Mäusen regelmäßig gemieden.

Wird die Versuchsanordnung dem natürlichen Lebensraum der Mäuse angepaßt, so scheint ein Rohr von paßender Weite die besten Möglichkeiten zu bieten. Werden Heizung und Kühlung entsprechend angebracht, und das Rohr gegen die Umgebung gut gegen Wärmeabgabe isoliert, so ist an jedem beliebigen, zur Längsachse senkrechten Querschnitt die Temperatur an allen Punkten gleich. Ebenso weicht die Temperatur der im Rohr eingeschlossenen Luft an jeder Stelle nur sehr wenig von der Wandtemperatur ab. Die größte Differenz, die bei der verwendeten Apparatur gemessen werden konnte, betrug $0,8^{\circ}\text{C}$. Eine Konvektionsströmung trat nicht auf. Die Tiere lagen nicht direkt auf dem Metall des Rohres, sondern auf dem Gummiüberzug (Paraplatte) der beschriebenen Kontaktschiene. Damit sind die oben beschriebenen Fehlerquellen weitgehend ausgeschaltet.

Setzt sich ein Versuchstier in diesem Rohr an irgendeinen Ort, so ist es, abgesehen von dem Unterschied, den es durch seine Körperlänge innerhalb des Gefälles einnimmt, von allen Seiten von annähernd gleicher Temperatur umgeben. Könnten in diesem Apparat alle übrigen Reize vom Versuchstier ferngehalten werden, so dürfte man annehmen, daß das Tier sich nur nach der Temperatur orientiert. Leider

lassen sich diese Idealbedingungen nicht schaffen. Soweit sich störende Einwirkungen nicht beseitigen lassen, können sie doch weitgehend vermindert oder durch richtige Versuchsgestaltung ausgeglichen werden.

Optische Reize ließen sich leicht durch völliges Abdunkeln ausschalten; akustische dadurch, daß die Apparatur in einem ruhigen Zimmer stand. Die thigmotaktischen Einwirkungen waren auf der gesamten Rohrlänge dieselben, außer an den Enden. Um zu vermeiden, daß thigmotaktisch orientierte Mäuse irgendwelche Temperaturwerte lieferten, waren die Stromkreise der Relais Nr. 1 und Nr. 41 bei allen Versuchen unterbrochen, wodurch das Galvanometer in die Nullstellung pendelte und damit anzeigte, wenn die Maus in einer Ecke saß. Die geruchlichen Reize, die nicht beseitigt werden können, wurden durch das Putzen des Rohres in der beschriebenen Weise und durch die ständige Verwendung des gleichen Tuches ziemlich gleichmäßig verteilt und waren so auf ganzer Rohrlänge für alle Tiere ungefähr dieselben.

Die relative Luftfeuchtigkeit, die bei der Temperaturwahl durchaus einen Einfluß ausüben kann, konnte wegen der bereits genannten Gründe nicht erfaßt werden. Die im Rohr eingeschlossene Luft hatte am kalten Ende einen bedeutend höheren relativen Wassergehalt als am warmen. In der Regel war er so hoch, daß sich an der Rohrrinnenwand gegen das kalte Ende zu Wasser kondensierte. Durch die Verdunstung und die Ausscheidungen der Tiere stieg er aber auch an der Stelle, an der sich das Tier gerade aufhielt, zumal auch die Lufttemperatur stets tiefer war als die Körpertemperatur der Maus. Die ständige Variation der Temperatur entlang des Rohres änderte ebenfalls die relative Luftfeuchtigkeit in den Bereichen gleicher Temperatur. So konnte erreicht werden, daß das Versuchstier abwechselnd in feuchterer und in trockenerer Luft war. Eine eventuelle Beeinflussung der Temperaturwahl durch die Luftfeuchtigkeit wird somit statistisch weitgehend ausgeglichen. Zudem verloren alle diese und andere störende Einflüsse während der Versuche sehr an Bedeutung, da die ständigen Temperaturänderungen im Rohr die Tiere immer wieder zum Verlassen des alten und Aufsuchen eines neuen Ruheplatzes zwangen. Es kann also mit großer Sicherheit angenommen werden, daß die Mäuse sich nach der Temperatur orientieren. Die ermittelten Werte sind von den Tieren gewählte Umgebungstemperaturen.

Diese Werte unterscheiden sich wesentlich von den Ergebnissen, die man bei Versuchen mit der Temperaturorgel erhält. BODENHEIMER vergleicht das Verhalten der Tiere in der Temperaturorgel mit dem eines Menschen, der bei kühler Luft gerne seinen Rücken an einen Gegenstand mit bis zu 40° C Wärme anlehnt. Tatsächlich scheinen die Mäuse in der Temperaturorgel eine Unterlage (Bodentemperatur) aufzusuchen, deren Temperatur so hoch ist, wie sie sie gerade noch als „angenehm ertragen“ können. Für diese Annahme spricht, daß Mäuse mit künstlich verstärkter Wärmeisolierung am Bauch höhere Temperaturen aufsuchten als normale und mit verminderter (= enthaarter Bauch) tiefere (HERTER 1936). Auch bei Tieren mit

dicker gewordener Epidermis stieg die Vorzugstemperatur, während sie bei dünner gewordener Epidermis sank (HERTER 1938; HERTER und SGONINA 1938). Schließlich weisen auch noch die Unterschiede zwischen weißer und grauer Hausmaus, von denen die graue mit ihrem dichteren Fell eine bedeutend höhere Vorzugstemperatur hat als die weiße, in diese Richtung. Zudem kann eine Lufttemperatur in Höhe der Vorzugstemperatur schädigend auf die Tiere wirken. Wie BODENHEIMER (1941) für junge *Microtus guentheri* nachweisen konnte, gingen sie in einer Lufttemperatur, die ihrer Vorzugstemperatur gleich ist, augenblicklich zugrunde.

Diese Temperatur ist als Vorzugstemperatur definiert. Sie unterscheidet sich wesentlich von den Werten, die bei Untersuchungen im Rohr gefunden wurden. Ein Versuch von STINSON und FISHER (1953), der den Beweis dafür erbringen sollte, daß beide Methoden gleichwertig sind, d. h., daß die Tiere die gleiche Temperatur wählen, unabhängig davon, ob sie von allen Seiten davon umgeben sind, oder nur von der Unterseite her, kann nicht überzeugen. Sie schickten dazu durch das Aluminiumrohr Luft von Zimmertemperatur mit einer Geschwindigkeit von 13 cm pro Minute und stellten dann fest, daß die Tiere dieselben Werte wieder aufsuchten wie bei unbewegter Luft. Offensichtlich genügt aber diese Strömungsgeschwindigkeit der Luft nicht, um im Metallrohr mit Temperaturgefälle die Lufttemperatur auf ganzer Länge (= etwa 280 cm) konstant zu halten. Die Autoren berichten auch von einer Erwärmung der strömenden Luft von bis zu 8° C gegenüber der Zimmertemperatur in den Bereichen des Rohres, in denen die Tiere sich zur Ruhe setzten (Mittel — 24° C bis 25° C). Das bedeutet, daß die Temperatur der strömenden Luft nicht wesentlich von der des Metallrohres abwich. Um zu erreichen, daß die eingeführte Luft von den Metallwänden nicht erwärmt wird, müßte die Strömungsgeschwindigkeit sehr groß sein. Dadurch würden aber die Tiere sicher erheblich gestört. Aber selbst wenn es nicht so wäre, bliebe immer noch die Wärmestrahlung des Metallrohres übrig, die auf die Tiere im Innern des Rohres konzentrisch einwirkt und sie erwärmt. Es ist also nicht möglich, im Rohr die gleichen Versuchsbedingungen zu schaffen, wie in der Temperaturorgel. Weiter führten STINSON und FISHER (1953) an, daß 3 untersuchte weiße Hausmäuse unbekannter Herkunft in ihrer Apparatur (Aluminiumrohr) dieselben Werte ergaben, wie sie von anderen Autoren in der Temperaturorgel gefunden wurden. Da nicht bekannt ist, wie die Tiere vorher untergebracht waren, kann auch nicht entschieden werden, ob nicht irgendwelche Einflüsse eine Änderung der Werte hervorgerufen hatten. Daß dies durchaus möglich ist, zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit (siehe Tab. 18).

Diesen beiden, nicht überzeugenden Beweisführungen stehen die Beobachtungen an mehreren einheimischen Arten gegenüber, die in allen Fällen bei jeder der beiden Methoden wesentlich verschiedene Ergebnisse brachten; sowie die obengenannte Beobachtung von BODENHEIMER (1941). Zwei physikalisch und physiologisch verschieden wirkende Apparaturen verursachen zwei verschiedene Reaktionsweisen bei den Versuchstieren. Es läßt sich nicht vermeiden, dafür auch zwei verschiedene Bezeichnungen zu prägen: Für die „Temperaturorgel-Meßmethode“ besteht der

Ausdruck „Vorzugstemperatur“; für die „Rohr-Meßmethode“ wird hier der Ausdruck „Wahltemperatur“ gebraucht. Er ist eine Übersetzung der englischen Bezeichnung „selected temperature“ (STINSON und FISHER 1953).

Außer in der Verwendung einer anderen Apparatur, unterscheiden sich die Arbeiten mehrerer Autoren auch in der Durchführung der Versuche. HERTER und andere Autoren zählen jede Ruhestellung als eine Messung, unabhängig davon, wie lange das Tier an dieser Stelle verweilt. Um neue Werte zu erhalten, vertreiben sie es von diesem Ort und warten, bis es sich wieder zur Ruhe setzt. Sicherlich ist es aber für die Beurteilung, ob ein Tier sich an einem Platz „wohl fühlt“, von Bedeutung, wie lange es sich dort freiwillig aufhält. Zuerst beachtete WOHLBURG (1952) diese Tatsache, danach STINSON und FISHER (1953). Sie vertrieben aber das Versuchstier immer wieder, wenn es an einer Stelle eine gewisse Zeit lang gesessen hatte. In der vorliegenden Arbeit wurden die Mäuse durch keinerlei andere Störungen als durch Temperaturschwankungen von ihrem Ruheplatz vertrieben, um zu verhindern, daß eine Dressur auf das Meiden der zuerst gewählten Temperatur eintrat.

Für die statistische Auswertung verwenden alle Autoren das arithmetische Mittel. Die Differenzen in der Höhe der Temperaturwerte zwischen den Untersuchungen mit der Temperaturorgel und mit dem Rohr sind also keinesfalls durch eine verschiedene Berechnungsweise bedingt. Nur die andersartige Beurteilung der Differenzen zwischen den Arten, die in Abschnitt C 1a erklärt und begründet ist, ergibt hier andere Resultate.

Bei allen Arten, die sowohl in der Temperaturorgel als auch im Rohr untersucht wurden, zeigte sich, daß die Vorzugstemperatur bedeutend höher ist als die Wahltemperatur. So liegen die vergleichbaren Werte der Vorzugstemperatur bei 32° C für Rötelmaus, bei 31° C für Erdmaus, bei 35° C für Feldmaus und Waldmaus und bei 34° C für Gelbhalsmaus (HERTER 1952). Nur in den Ergebnissen von KALABUCHOW (1939) liegen die Werte ungefähr im Bereich der Wahltemperatur (Waldmaus: 25° C bis 29° C; Gelbhalsmaus: 20° C bis 21° C), obwohl sie auch in einer Temperaturorgel gewonnen wurden. Allerdings war diese abgeändert. Ihre Länge war 120 cm, die Breite 15 cm und die Höhe 20 cm. Die Seitenwände waren ganz aus Holz. Die größere Länge könnte die Konvektionsströmung innerhalb der Apparatur verringert haben, und die Verwendung von Holz mit bedeutend geringerer Wärmeleitfähigkeit bewirkte sicherlich eine bessere Wärmeisolierung des Meßraumes gegen die umgebende Zimmertemperatur, als es bei Glas der Fall ist. Es ist denkbar, daß durch diese Einflüsse in der Apparatur ähnliche Temperaturverhältnisse erzeugt wurden wie im Rohr; d. h., daß zumindest in den bodennahen Luftschichten die Lufttemperatur der Bodentemperatur annähernd gleich war.

Außer in der Höhe der Temperaturwerte unterscheiden sich Vorzugstemperatur und Wahltemperatur auch wesentlich in der Größe der interindividuellen Variationsbreite. So berichtet HERTER (1952) über eine Variationsbreite von 0,32° C für 4 „Tanzmäuse“ (*Mus wagneri*) und von 0,6° C für 4 kurzohrige Erdmäuse (*Pitymys savii*).

Dieses Ergebnis scheint die Annahme zu bekräftigen, daß die Tiere in der Temperaturorgel Wärmegrade aufsuchen, die sie gerade noch als „angenehm ertragen“ können. Dafür spricht auch, daß die Vorzugstemperatur zum großen Teil noch über der gefundenen oberen Grenze der Wahltemperatur liegt (siehe Tab. 17).

Bei der Wahltemperatur treten bei allen Autoren hohe Werte für die interindividuelle Variationsbreite auf. STINSON und FISHER (1953) fanden bei 10 Hirschmäusen (*Peromyscus spec.*) eine Variationsbreite von etwa 8° C. Die entsprechenden Werte der vorliegenden Arbeit können aus den Abbildungen 5 und 6 entnommen werden. Auch in den Ergebnissen von KALABUCHOW, dessen Werte wohl auch als Wahltemperatur bezeichnet werden können, erscheinen ähnlich hohe Variationsbreiten. Sie erreichen Größen bis zu 16° C bei Gruppen derselben Art gleichen Herkommens. Diese Resultate erfordern eine sehr vorsichtige Beurteilung der arteigenen Mittelwerte und deren Unterschiede zueinander, da zufällige Verschiebungen bei der verhältnismäßig geringen Anzahl der untersuchten Individuen leicht auftreten können, ohne daß sie erfaßt werden können. So ließen sich bei fast allen der hier untersuchten Gruppen, durch Hinwegstreichen der Mittelwerte einiger Tiere, die arteigenen Mittel nicht unerheblich ändern. Dazu kommt noch, daß die Höhe der Wahltemperatur beim gleichen Tier zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden sein kann (siehe Tab. 3, 6, 7 u. 12). Die Wahltemperatur einer Art ist also keine genau fixierbare absolute Größe, sondern sie liegt in einem mehr oder minder großen Bereich, der mit einer geringen Anzahl von Versuchstieren nicht genau genug bestimmt werden kann. Somit müssen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit unter der Einschränkung betrachtet werden, daß sich einige Werte bei einer größeren Anzahl von Versuchstieren ändern könnten.

Der Zusammenhang zwischen Wahltemperatur und Nesttemperatur ermöglicht vielleicht eine Deutung der hohen interindividuellen Streuung der Wahltemperatur. Die Messung der Nesttemperatur ergab, daß die Tiere im Nest eine Wärme von 20° C bis 30° C erzeugen. Ob die Ergebnisse dieses Versuches (siehe Abb. 7) wirklich genaue Werte wiedergeben, kann nicht mit Sicherheit behauptet werden, da nicht beobachtet werden konnte, wie das Thermoelement jeweils zum Mäusekörper lag. Es konnte eine Zeit lang von Nistmaterial verdeckt sein, oder die Maus konnte es direkt mit dem Fell oder gar mit der Haut berühren, was Abweichungen von der wahren Nesttemperatur ergibt, die weder verhindert noch erkannt werden konnten. Trotzdem kann angenommen werden, daß die gefundene Temperatur einigermaßen der im Nest herrschenden Lufttemperatur entspricht, da die Abweichungen nicht den obengenannten Bereich über- oder unterschreiten. Außerdem könnte noch bezweifelt werden, ob das gebotene Nistmaterial in seiner Wärmeisolierung wirklich dem entspricht, was die Maus im Freien genommen hätte bzw. vor der Gefangenschaft hatte. Das Kunstnest entsprach aber in der Dicke der Isolierschicht und im Material ungefähr den Nestern, die sich die Tiere in den Käfigen selbst bauten. Zudem konnte eine Feldmaus im Kunstnest ihre Jungen einige Wochen lang bei Umgebungstemperaturen von tagsüber etwa 10° C bis 20° C und nachts nahe 0° C und

teilweise leichtem Frost ohne sichtbare Beeinträchtigung aufziehen¹⁾). Daraus kann wohl geschlossen werden, daß das Nest ungefähr den natürlichen Temperaturbedingungen entsprach. Außerdem wurde dem Tier durch beigegebenes Nistmaterial die Möglichkeit zu geringen Änderungen geschaffen.

Wie Abbildung 5 und 6 zeigen, liegt die überwiegende Mehrzahl der individuellen Mittelwerte zwischen 20° C und 30° C. Diese Übereinstimmung von Wahltemperatur und Nesttemperatur ist bemerkenswert, bedeutet sie doch, daß die Tiere im Temperaturgefälle die Wärme aufsuchen, die sie in ihren Nestern auch vorfinden. Dieses Verhalten ist durchaus verständlich, da die Mäuse nicht zuletzt wegen ihres Wärmehaushaltes die Nester benötigen. Das zeigt auch die Erscheinung, daß in Lebendfallen gefangene Mäuse selbst bei verhältnismäßig hoher Lufttemperatur in kurzer Zeit erfrieren (LÖHRL 1938; KÜSTHARDT 1941), während sie in Fallen mit angebautem Nest, wie sie in dieser Arbeit Verwendung fanden, selbst bei Außentemperaturen von —5° C bis —10° C länger als 12 Stunden am Leben blieben und nur dann zugrunde gingen, wenn sie das Nest nicht aufgesucht hatten. Das Nest bietet ihnen die Temperatur, bei der ihnen die Aufrechterhaltung der Körpertemperatur während der Zeit der Inaktivität möglich ist. Das Minimum wird durch die Temperatur gegeben sein, bei der es ihnen nicht mehr möglich ist, die Körperwärme ohne zusätzliche Wärmeproduktion durch aktive Muskeltätigkeit auf dem normalen Stand zu halten. Das Maximum wird dann erreicht werden, wenn die Wärme nicht mehr genügend abgeleitet wird, die durch die Lebensvorgänge während der Inaktivität erzeugt wird, und dadurch eine Steigerung der Körpertemperatur bedingt. Innerhalb dieser Grenzen muß die Nesttemperatur liegen. Es ist klar, daß diese Grenzen bei den einzelnen Individuen durch physische und vielleicht auch psychische Eigenheiten der Tiere in geringem Umfang verschoben sein können. Die obere Grenze kann aber niemals einen bestimmten Wert überschreiten, und die untere einen entsprechenden Wert unterschreiten, da die Körpertemperatur der Tiere immer annähernd konstant bleibt, und die Isolierung durch Haut und Fell einen gegebenen Betrag nicht übersteigen kann, und außerdem durch die Atmung stets ein Wärmeaustausch zwischen Tier und Umgebung erhalten bleibt. Vielleicht ist dieser Bereich durch die gefundenen Grenzen der Wahltemperatur angedeutet (siehe Abschnitt C 3). Innerhalb der gegebenen Grenzen kann die individuelle Nesttemperatur in Abhängigkeit von der jeweiligen physischen und psychischen Verfassung des Tieres, von der Art und Menge des Nistmaterials, von der Lage des Nestes, von der Umgebungstemperatur und anderen Faktoren variieren. Auch die Gewöhnung kann eine bedeutende Rolle spielen (siehe unten).

Es kann angenommen werden, daß die Tiere allgemein während des Versuches im Rohr die Temperatur aufsuchten, die sie vorher im Nest umgeben hatte. Eine Bestätigung dieser Auffassung liefert das Ergebnis, wonach Tiere, deren Nesttempe-

¹⁾ Das Nest stand während der Monate März und April im Freien, in einer sonnenbestrahlten und windgeschützten Ecke.

ratur geändert wird, auch ihre Wahltemperatur in entsprechender Weise ändern (siehe Tab. 18).

Durch die individuellen Unterschiede in der Nesttemperatur läßt sich die große intraindividuelle (siehe Tab. 3, 6, 7 und 12) und interindividuelle (siehe Tab. 1 und 6) Streuung wenigstens teilweise erklären, da bei einer Gleichschaltung der Nesttemperatur mehrerer Mäuse sich auch deren Wahltemperaturen weitgehend angleichen (siehe Tab. 18).

Nesttemperatur und Wahltemperatur liegen in dem Bereich, in den auch die Temperatur fällt, bei der der Grundumsatz sein Minimum erreicht (Indifferenztemperatur). Diese Temperatur liegt für Hund und Kaninchen bei 25° C bis 30° C, für Maus bei 28,5° C (DURIG 1935) für Meerschweinchen, Ratte und Taube bei 20° C bis 30° C (LOEWY 1926). Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich die Voraussetzungen für den Grundumsatz, wie sie für Untersuchungen am Menschen gefordert werden, bei den Mäusen nicht erfüllen lassen — ein Zustand, bei dem Pflanzenfresser in völliger Ruhe sind und nicht verdauen, läßt sich nicht herbeiführen (KRZYWANEK 1928) — und deshalb nicht der Grundumsatz im strengen Sinne, sondern eher der „Ruheumsatz“ bestimmt werden kann. Die entsprechenden Werte beziehen sich also auf den „Ruheumsatz“. Die Bedingungen für den „Ruheumsatz“ entsprechen jedoch genau dem Zustand der Inaktivität. Die Übereinstimmung der Indifferenztemperatur mit der Nest- und Wahltemperatur zeigt, daß die Tiere in der Zeit der Inaktivität eine Umgebungstemperatur aufsuchen, in der sie ihr Leben unter den gegebenen Bedingungen mit dem geringsten Energieaufwand erhalten können. Dies erscheint sehr zweckmäßig und ist daher auch leicht zu verstehen. Die Indifferenztemperatur steigt mit abnehmender Wärmeisolierung an der Körperoberfläche. Die Wahltemperatur verhält sich ebenso (siehe unten). Im Gegensatz dazu sinkt die Vorzugstemperatur mit abnehmender Wärmeisolierung (siehe oben). Hier liegt ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen Vorzugstemperatur und Wahltemperatur. Neben der Wärmeisolierung an der Körperoberfläche können auch andere Faktoren die Höhe der Indifferenztemperatur ändern (RUBNER 1928), so daß in Abhängigkeit von den jeweiligen Einflüssen erhebliche Unterschiede auftreten können. Vielleicht liegt hierin die ursprüngliche Erklärung für die große Streuung der Wahltemperatur.

Es fällt auf, daß lactierende ♀♀ mit unselbständigen Jungen keine höhere Nesttemperatur (siehe Abb. 7) und Wahltemperatur (siehe Tab. 14) haben, obwohl die Jungen in den ersten Lebenswochen eine höhere Temperatur wählen (siehe Tab. 15) und wahrscheinlich auch benötigen. Man kann annehmen, daß die Temperatur bei den Jungen, die meist in der Höhle liegen, die sich beim Einrollen an der Ventralseite des Muttertiers bildet, höher ist als die übrige Nesttemperatur.

Ganz im Gegensatz zur Vorzugstemperatur, die interspezielle Differenzen aufweist (HERTER 1952), zeigt die Wahltemperatur nur Unterschiede zwischen wenigen Gruppen, aber nicht zwischen allen Arten. Eine physiologische Überlegung kann diese Erscheinung vielleicht deuten. Die untersuchten Arten verbringen alle den

größten Teil ihres Lebens im Nest. Sie verlassen dieses nur zu 5 % bis 20 % der Zeit (OSTERMANN 1956). Dabei sind sie meist in Bewegung und deshalb auch weniger empfindlich gegenüber der Umgebungstemperatur. Dem entspricht auch, daß die Temperatur außerhalb des Nestes keinen sichtbaren Einfluß auf die Höhe der Wahltemperatur hat. Die einzelnen Arten und Gruppen unterscheiden sich in dieser Beziehung nicht so wesentlich, daß daraus ein Grund für die verschiedenen Wahltemperaturen abgeleitet werden könnte. Ein bedeutend wichtigerer Faktor scheint die Ernährungsweise der jeweiligen Gruppen zu sein. Alle untersuchten Wühlmäuse ernähren sich hauptsächlich von grünen Pflanzenteilen. Die *Apodemus*-arten fressen bevorzugt Sämereien, und die Hausmaus (*M. m. domesticus*) dazu je nach Gelegenheit noch stärker konzentrierte Kunstnahrung. Zur Deckung des Nahrungsbedarfes müssen die Wühlmäuse bedeutend größere Futtermengen aufnehmen und verarbeiten als die anderen Gruppen. Allein der Transport der größeren Mengen durch den Darm erfordert schon eine stärkere Muskeltätigkeit und bedingt dadurch eine erhöhte Wärmeproduktion. Da die Verdauung auch während der Zeit der Inaktivität im Nest erfolgt, muß bei dieser Gruppe eine Einrichtung vorhanden sein, die eine bessere Wärmeableitung ermöglicht. Das kann entweder durch geringere Wärmeisolierung an der Körperoberfläche oder durch niedrigere Nesttemperatur geschehen. Die erste Möglichkeit kann höchstens in ganz geringem Maße zur Anwendung kommen, da eine schlechte Wärmeisolierung dem Tier außerhalb des Nestes schaden würde. Die zweite Lösung scheint zu überwiegen, wie die Höhe der Wahltemperatur zeigt. Daß die erste Möglichkeit — zumindest im Laboratorium — auch vorkommen kann, läßt die Tatsache vermuten, daß es möglich ist, die Tiere an höhere Nesttemperatur zu gewöhnen (siehe Tab. 18). Wirklich tritt bei längerem Aufenthalt der Tiere in warmer Umgebung eine Verminderung der Wärmeisolierung ein. Die Dicke der Haut nimmt ab (HERTER 1952).

Die etwas höhere Wahltemperatur der untersuchten *Apodemus*-arten scheint demnach von der konzentrierteren Nahrung abzuhängen, da in der freien Natur die übrigen Temperaturbedingungen für Wühlmäuse und Langschwanzmäuse der untersuchten Arten keine Differenzen erkennen lassen. Bei der Hausmaus kann nicht ohne weiteres entschieden werden, ob die viel höhere Wahltemperatur allein durch stark konzentrierte Nahrung bedingt ist, oder ob nicht auch die ständig hohe Umgebungstemperatur, die sich auch auf die Nesttemperatur auswirkt, eine Gewöhnung an höhere Temperaturen bewirkte; denn eine Akklimatisation an höhere Nesttemperatur konnte bei anderen Arten (siehe Tab. 18) festgestellt werden. Alle untersuchten Exemplare von *Mus musculus domesticus* stammen aus einem Gasthausbetrieb, und zwar entweder aus der Küche oder den darüber gelegenen Räumen. Diese Zimmer waren das ganze Jahr über täglich beheizt. Eine Wärme von tagsüber 25° C oder mehr trat fast immer auf, und nachts sank die Temperatur, wegen der im ganzen Haus tätigen Zentralheizung, selten unter 20° C. Dadurch hatten diese Tiere sicherlich eine höhere Nesttemperatur als die im Freien lebenden Arten. Eine ständig höhere Außentemperatur verursacht auch eine höhere Nesttemperatur, da die

Nesttemperatur selbst bei geringster Wärmeisolierung immer höher sein wird als die Umgebungstemperatur, solange letztere nicht höher ist als die Körpertemperatur des Tieres. Es ist bekannt, daß *Mus musculus domesticus* nicht an das mitteleuropäische Klima angepaßt ist (ZIMMERMANN 1949). Außerhalb des beschriebenen Fangplatzes konnten auch keine weiteren Hausmäuse gefangen werden.

Leider konnte nicht geprüft werden, ob sich die Nesttemperatur der Hausmaus von der anderer untersuchter Mäuse unterscheidet. Zu diesem Zweck müßte eine Versuchsanordnung entwickelt werden, die eine ständige Beobachtung des Nestes ohne Störung des Tieres erlaubt, um stets kontrollieren zu können, in welcher Lage Maus und Thermoelement zueinander liegen. Dabei müßte natürliches Nistmaterial verwendet werden, und die Wärmeisolierung dürfte nicht geändert werden. Das stößt auf technische Schwierigkeiten, die im Rahmen dieser Arbeit nicht überwunden werden konnten. Das gleiche gilt für alle anderen Probleme, die im Zusammenhang mit der Nesttemperatur noch offenstehen, aber genaue Werte als Grundlage für die notwendigen Berechnungen erfordern.

An den bisherigen Ausführungen kann abgeleitet werden, daß klimatische Unterschiede der Fangorte innerhalb der gemäßigten Klimazone keinen Einfluß auf die Höhe der Wahltemperatur haben; in erster Linie wohl wegen der Abhängigkeit der Wahltemperatur von der Nesttemperatur und nicht von der Außentemperatur. Ebenso wie in dieser Arbeit bei mehreren Arten, die aus klimatisch unterschiedlichen Gebieten stammen (Höhendifferenz 900 m bis 1000 m), keine Differenzen zwischen den entsprechenden Gruppen gefunden werden konnten (siehe Tab. 9), fanden auch andere Autoren keine Abhängigkeit der Wahltemperatur vom Klima. KALABUCHOW (1939) untersuchte Tiere aus Gebieten mit unterschiedlichem Klima. Die Höhe der Werte für die Waldmaus steigt in der Reihenfolge: Charkow — Moskau — Rostow — Vorkaukasus (Woroschilow, Newinomyssk), während die mittlere Jahrestemperatur von Moskau über Charkow bis Rostow steigt und gegen den Kaukasus hin wieder fällt. Eine Abhängigkeit von der geographischen Breite liegt also auch nicht vor. Diese auftretende Erhöhung der Wahltemperatur von West nach Ost bei der Waldmaus, wird durch die an der der Gelbhalsmaus erhaltenen Ergebnisse, welche in Leningrad und Charkow gleich hohe Werte ergaben, nicht bestätigt. Diese Probleme können aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit nicht beurteilt werden, da alle hier untersuchten Tiere aus einem geographisch eng begrenzten Gebiet stammen, in dem nur klimatische Unterschiede durch die Höhendifferenzen im Gebirge auftraten.

E. Zusammenfassung

Die Wahltemperatur folgender Arten wurde ermittelt:

Aus dem Tal (730 m — 760 m): *Clethrionomys glareolus*, *Microtus agrestis*, *M. arvalis*, *Apodemus sylvaticus*, *A. flavicollis* und *Mus musculus domesticus*.

Vom Berg (1600 m — 1700 m): *Clethrionomys glareolus*, *Microtus agrestis*, *M. nivalis* und *Pitymys subterraneus*.

Die Untersuchungen wurden in einem Kupferrohr mit 5 cm Durchmesser in einem Temperaturgefälle von 1 m Länge durchgeführt. Boden- und Lufttemperatur waren gleich. Die Temperaturabnahme erfolgte durch 41 Thermoelemente. Temperaturwerte und Zeit wurden automatisch registriert.

Mit der beschriebenen Methode konnten keine Unterschiede zwischen frisch-gefangenen und unter normalen Bedingungen gehaltenen und in Gefangenschaft herangewachsenen Tieren festgestellt werden. Eine Abhängigkeit von der Tageszeit wurde nicht gefunden. Genaue Untersuchungen über eine eventuelle Abhängigkeit von der Jahreszeit konnten nicht durchgeführt werden.

Die beiden Geschlechter zeigten keine Unterschiede. Gravide und lactierende ♀♀ wichen nicht von den übrigen ab.

Alle Wühlmäuse ergaben einen gemeinsamen Mittelwert von etwa 26° C. Die beiden *Apodemus*-arten hatten einen Mittelwert von etwa 27,6° C und die Hausmaus von 30,9° C. Innerhalb dieser Gruppen bestehen zwischen den Arten keine signifikanten Differenzen.

Die Größe der interindividuellen Streuung schwankt bei den einzelnen Arten von 1,2° C bis 4,2° C.

Junge Tiere hatten höhere Wahltemperaturen, die sich im Laufe der dritten Woche an die erwachsener Tiere anglichen.

Die Grenzen der Wahltemperatur (Fluchttemperaturen) lagen für alle Arten, außer Hausmaus, bei etwa 32° C und etwa 20° C; die obere zeigte bedeutend geringere Streuung als die untere.

Die im Laboratorium gemessene Nesttemperatur schwankte zwischen 20° C und 30° C.

Ein Zusammenhang zwischen Wahltemperatur und Nesttemperatur kann angenommen werden, da eine Erhöhung der Nesttemperatur eine Steigerung der Wahltemperatur verursachte. Die Wahltemperaturwerte der Individuen gleichen sich bei gleicher Nesttemperatur weitgehend einander an.

Nesttemperatur und Wahltemperatur liegen im gleichen Bereich wie die Indifferenztemperatur des Grundumsatzes.

F. Literaturverzeichnis

- BODENHEIMER, F. S. (1941), Observations on rodents in HERTERS temperature gradient. *Physiol. Zool.* **14**, 186—192.
- DURING, A. (1935), Wärmehaushalt. *Handwörterbuch der Naturwissenschaften* **10**, 428.
- HERTER, K. (1934), Eine verbesserte Temperaturorgel und ihre Anwendung auf Insekten und Säugetiere. *Biol. Zbl.* **54**, 487—507.
- (1936), Das thermotaktische Optimum bei Nagetieren, ein mendelndes Art- und Rassenmerkmal. *Z. vergl. Physiol.* **23**, 605—650.
- (1938), Die Beziehung zwischen Vorzugstemperatur und Hautbeschaffenheit bei Mäusen. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.* 48—55.
- (1952), Der Temperatursinn der Säugetiere. *Beitr. Tierk. u. Tierzucht*
- und SAGONINA, K. (1938), Vorzugstemperatur und Hautbeschaffenheit bei Mäusen. *Z. vergl. Physiol.* **26**, 366—415.

- KALABUCHOW, N. I. (1939), On ecological characters of closely related species of rodents. Zool. Zhur. **18**, 915—923. (Russisch).
- KRZYWANEK, W. (1928), Gesamtstoffwechsel der Pflanzenfresser. Handb. norm. pathol. Physiol. **5**, 113—131.
- KÜSTHARDT, G. (1941), Weitere Beobachtungen an Schneemäusen. Z. Säugetierk. **14**, 257—268.
- LOEWY, A. (1926), Gas- und Energiewechsel. Tab. biol. **3**, 498.
- LÖHRL, H. (1938), Ökologische und physiologische Studien an einheimischen Muriden und Soriciden. Z. Säugetierk. **13**, 114—160.
- OSTERMANN, K. (1956), Zur Aktivität heimischer Muriden und Gliriden. Zool. Jb. Physiol. **66**, 355—388.
- RUBNER, M. (1928), Stoffwechsel bei verschiedenen Temperaturen. Handb. norm. path. Physiol. **5**, 154—166.
- STINSON, R. H. und FISHER, C. (1953), Temperature selection in deer mice. Can. J. Zool. **31**, 404—416.
- WEBER, E. (1956), Grundriß der biologischen Statistik. 2. Aufl. Jena.
- WOLBURG, I. (1952), Über Vorzugstemperaturen von Muriden. Biol. Zbl. **71**, 601—617.
- ZIMMERMANN, K. (1949), Zur Kenntnis der mitteleuropäischen Hausmäuse. Zool. Jb. Syst. **78**, 301—322.

Anschrift des Verfassers: Dr. MANFRED MAURUS, Rottach-Egern, Barthweg 1

Meinem verehrten Lehrer,

Herrn Professor Dr. H. KAHMANN,

danke ich für die Überlassung des Themas und die rege
Anteilnahme am Fortgang der Arbeit.

Herrn Professor Dr. Dr. K. VON FRISCH, Vorstand des Zoo-
logischen Instituts der Universität München, danke ich für
die Überlassung eines Arbeitsplatzes und für die großzügige
Bereitstellung von Mitteln zur Beschaffung der notwendigen
Geräte.

Lebenslauf

Am 10. April 1927 wurde ich, MANFRED MAURUS, als Sohn des Kunstmalers
HANNS MAURUS und seiner Ehefrau THERESIA geb. SCHREINER, in München ge-
boren.

Nach 5 Klassen Volksschule brachten mich meine Eltern in die Oberschule in
Bad Tölz. Nachdem mein Vater im Oktober 1942 gefallen war, trat ich im Januar
1943 in die Oberschule in Traunstein über. Von dort wurde ich im August 1943 als
Luftwaffenhelfer eingezogen. Die anschließende Dienstzeit beim RAD und bei der
Deutschen Wehrmacht endete mit meiner Entlassung aus amerikanischer Gefangen-
schaft im Juli 1945. Ab Januar 1946 bis Juli 1947 besuchte ich dann wieder die Ober-
schule in Bad Tölz und die Oberrealschule in Tegernsee.

Am 17. Juli 1947 legte ich als Privatschüler der Klenze-Oberrealschule München
die Reifeprüfung ab.

Im Wintersemester 1948/49 konnte ich mit dem Studium der Naturwissen-
schaften an der Universität München beginnen. Leider mußte das Studium aus wirt-
schaftlichen Gründen einige Male unterbrochen werden.

